



TUGAS AKHIR - RG 141536

STUDI PERSEBARAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) MENGGUNAKAN CITRA AQUA MODIS DI LAUT SENUNU, NUSA TENGGARA BARAT

VERA MAYA ANDINI
NRP 3510 100 028

Dosen Pembimbing
Ira Mutiara A. ST., M.Phil, Ph.D
Yunia Witasari, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RG 141536

**STUDY OF *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)*
DISTRIBUTION USING AQUA MODIS IMAGERY
IN SENUNU OCEAN, WEST OF NUSA
TENGGARA**

VERA MAYA ANDINI
NRP 3510 100 028

Supervisor
Ira Mutiara A. ST., M.Phil, Ph. D

Yunia Witasari, ST. MT

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDI PERSEBARAN *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* MENGGUNAKAN CITRA AQUA MODIS DI LAUT SENUNU, NUSA TENGGARA BARAT

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

VERA MAYA ANDINI

NRP. 3510 100 028

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Ira Mutiara A. ST., M.Phil, Ph. D
NIP. 1978 1231 2002 12 2001**

Yunia Witasari ST., MT.

NIP. 1974 0614 2000 03 2006 (Pembimbing II)



SURABAYA, JANUARI 2015



**STUDI PERSEBARAN *TOTAL SUPENDED SOLID (TSS)*
MENGUNAKAN CITRA AQUA MODIS DI LAUT
SENUNU, NUSA TENGGARA BARAT**

Nama : Vera Maya Andini
NRP : 3510100028
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ira Mutiara A. ST., M.Phil, Ph. D
2. Yunia Witasari, ST. MT

Abstrak

Laut Senunu adalah wilayah perairan laut yang masuk ke dalam kawasan Coral Triangle (Segitiga Terumbu Karang) yang terletak di Kepulauan Nusa Tenggara Barat. Kawasan Segitiga Terumbu Karang ini merupakan kawasan terkaya akan kehidupan laut di antara semua laut di Planet Bumi. Perairan laut Indonesia selalu berada dalam pengaruh berat baik dari aktifitas, perusahaan, minyak, transportasi laut serta aktifitas warga di daerah pesisir maupun daerah aliran sungai yang bermuara ke laut tersebut. Aktifitas tersebut membawa banyak penyebab resiko terjadinya kerusakan alam dan dapat berakibat merusak sumber daya laut.

Kualitas air di laut sangat bergantung dengan kualitas air dari sumbernya. Oleh karena itu diperlukan suatu parameter yang dapat digunakan sebagai standar penentuan kualitas air. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk penghitungan serta analisa kualitas air di Laut Senunu adalah Total Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid, TSS).

Data yang digunakan untuk mendapatkan persebaran TSS adalah data ground truth, hasil pengolahan citra Aqua MODIS. Data ground truth merupakan hasil pengambilan sampel berupa air laut yang selanjutnya dilakukan pengolahan di laboratorium. Proses pengolahan citra satelit menggunakan

prinsip remote sensing, dimana citra menggunakan algoritma Ocean Color 4 (OC4 – V4).

Hasil dari penelitian ini adalah peta persebaran TSS di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat dan analisa beberapa data diantaranya data citra terhadap ground truth, analisa data lapangan, analisa konsentrasi klorofil-a secara temporal, dan analisa parameter yang dapat mempengaruhi nilai dan sebaran TSS. Berdasarkan hasil analisa dapat disimpulkan bahwa Aqua MODIS memiliki korelasi yang cukup kuat terhadap data ground truth dengan nilai koefisien korelasi $R^2 = 81,3\%$. Secara temporal, konsentrasi TSS di laut Senunu berada pada rentang konsentrasi rendah yaitu sekitar 0,5 – 38 mg/l (tahun 2003 dan 2009), 0,06 – 0,1 (tahun 2013), sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas air di laut Senunu tergolong bersih. Persebaran konsentrasi TSS di laut Senunu pada setiap stasiun tidak merata dan cenderung berubah-ubah. Hal ini dikarenakan faktor-faktor yang mempengaruhi seperti arus perairan, angin, waktu pengambilan data dan kondisi fisik perairan.

Kata kunci : TSS, Aqua MODIS, Ocean Color 4

**STUDY OF *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)*
DISTRIBUTION USING AQUA MODIS IMAGERY IN
SENUNU OCEAN, WEST OF NUSA TENGGARA**

Name : Vera Maya Andini
NRP : 3510100028
Department : Geomatics Engineering FTSP ITS
Supervisor : 1. Ira Mutiara A. ST., M.Phil, Ph. D
2. Yunia Witasari, ST. MT

Abstract

Senunu sea is the sea area which is into the Coral Triangle (Coral Triangle) that's located in West Nusa Tenggara Islands. The Coral Triangle is the richest region between all marine life in the Earth. Indonesia's marine waters are always in a good heavy influence of activity, enterprise, oil, marine transportation as well as the activities of residents in the coastal areas and watersheds area that flows into the sea. These activities bring many causes of risk to damage the nature and the result will damage marine resources.

The quality of water in the ocean is very dependent on the quality of water from the source. Therefore, we need a parameter that can be used as a standard water quality determination. One of the parameters that can be used for the calculation and analysis of water quality in Senunu Sea is Total Suspended Solids (Total Suspended Solid, TSS).

The data that is used to obtain the distribution of TSS is a data ground truth, Aqua MODIS image processing results. Ground truth data is the result of taking a sample of sea water that further processing is done in the laboratory. Satellite image processing using remote sensing principle, where the image using an algorithm Ocean Color 4 (OC4 - V4).

The results of this study are the spread map of TSS in Senunu Sea, West Nusa Tenggara and the analysis of some data

including image data to ground truth, the analysis of field data, the analysis of the concentration of chlorophyll-a is temporarily, and the analysis of the parameters that can affect the value and distribution of TSS. Based on the analysis, it can be concluded that the Aqua MODIS has a strong correlation of the data by ground truth value of the correlation coefficient which $R^2 = 81.3\%$. Temporarily, TSS concentration in Senunu Sea is at the low of concentration range, it's about 0.5 to 38 mg / l (2003 and 2009), from 0.06 to 0.1 (in 2013), so it can be concluded that the quality of water in the Senunu Sea relatively clean. The distribution of TSS concentration in Senunu sea at each station is uneven and tends to fluctuate. This is because the factors that influence such as water currents, wind, time data retrieval and physical condition of the waters.

Keywords: TSS, Aqua MODIS, Ocean Color 4

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “ Studi Persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* Menggunakan Citra Aqua Modis di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat”. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam melakukan penelitian untuk Tugas Akhirnya, penulis mengangkat tema Geospasial yang berbasis pada bidang spasial, lingkungan, dan pemanfaatan teknologi. Dalam laporan ini memberikan salah satu pemanfaatan teknologi yaitu citra satelit untuk mengetahui kondisi perairan pada daerah penelitian menggunakan metode penginderaan jauh dan didukung oleh data *ground truth*. Selain digunakan sebagai salah satu prasyarat kelulusan strata 1 Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, laporan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat terlebih digunakan sebagai acuan dan evaluasi dalam penelitian selanjutnya.

penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini, penulis ingin berterimakasih kepada :

1. Orang tua penulis, bapak Feriyan Setta Lhesmana dan Ibu Suherti atas doa dan dukungan yang tidak pernah putus baik secara moril maupun materiil kepada penulis.
2. Ibu Ira Mutiara A. ST., M.Phil, Ph.d selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis selama masa penelitian.
3. Ibu Yunia Witasari, ST. MT selaku pembimbing dari LIPI – Oseanografi yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis selama masa penelitian.

4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
5. Seluruh staf pengajar yang telah memberikan ilmu sejak awal perkuliahan hingga penulis menyelesaikan strata 1 di jurusan Teknik Geomatika ITS.
6. Seluruh karyawan dan tata usaha yang membantu dalam bidang administrasi selama perkuliahan.
7. Seluruh kerabat, teman-teman G12, dan pihak yang membantu dan tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan Tugas Akhir di kemudian hari. Semoga Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Tak lupa penulis meminta maaf jika ada tutur kata, tulisan, dan perbuatan yang kurang berkenan. Terima kasih.

Surabaya, Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
LEMBAR PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh	5
2.2 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	6
2.3 Data MODIS	10
2.4 Sedimentasi	11
2.5 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	11
2.6 Parameter yang Digunakan	12
2.7 Uji Validasi	15
2.8 Analisis Regresi	16
2.9 Algoritma untuk Mengukur Nilai <i>TSS (Total Suspended Solid)</i> pada Pengolahan Citra	17
2.10 Kelas Konsentrasi <i>TSS</i>	18
2.11 Pengolahan Citra	17
2.12 Penelitian Terdahulu	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	25
3.2 Data dan Peralatan	25
3.2.1 Data.....	25
3.2.2 Peralatan	31
3.2.Tahap Penelitian	33
3.3 .Metodologi Penelitian.....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

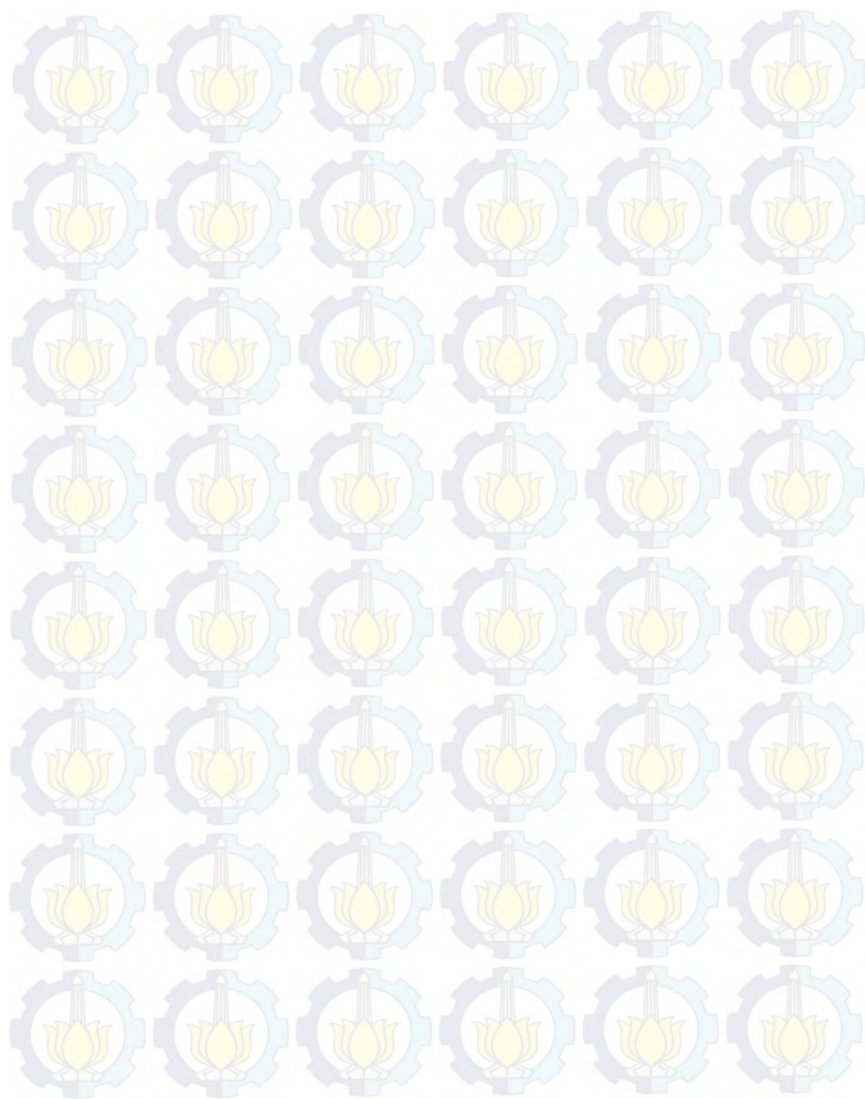
4.1 Hasil.....	41
4.1.1 Hasil Pengolahan Data.....	41
4.1.2 Koreksi Geometrik.....	43
4.1.3 TSS berdasarkan Data Lapangan.....	47
4.1.4 TSS berdasarkan Data Citra	50
4.2 Pembahasan	49
4.2.1 Analisa Perbandingan Konsentrasi TSS Antara <i>Ground Truth</i> dengan Citra Aqua MODIS Tahun 2013.....	54
4.2.2 Analisa Konsentrasi TSS berdasarkan Data Lapangan.....	55
4.2.3 Klasifikasi	57
4.2.4 Uji Validasi	58
4.2.5 Analisa Konsentrasi TSS.....	59
4.2.6 Analisa Persebaran TSS.....	62
4.2.7 Analisa Klorofil, Turbiditas, dan Arus Terhadap Nilai dan Sebaran TSS Tahun 2013	66

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

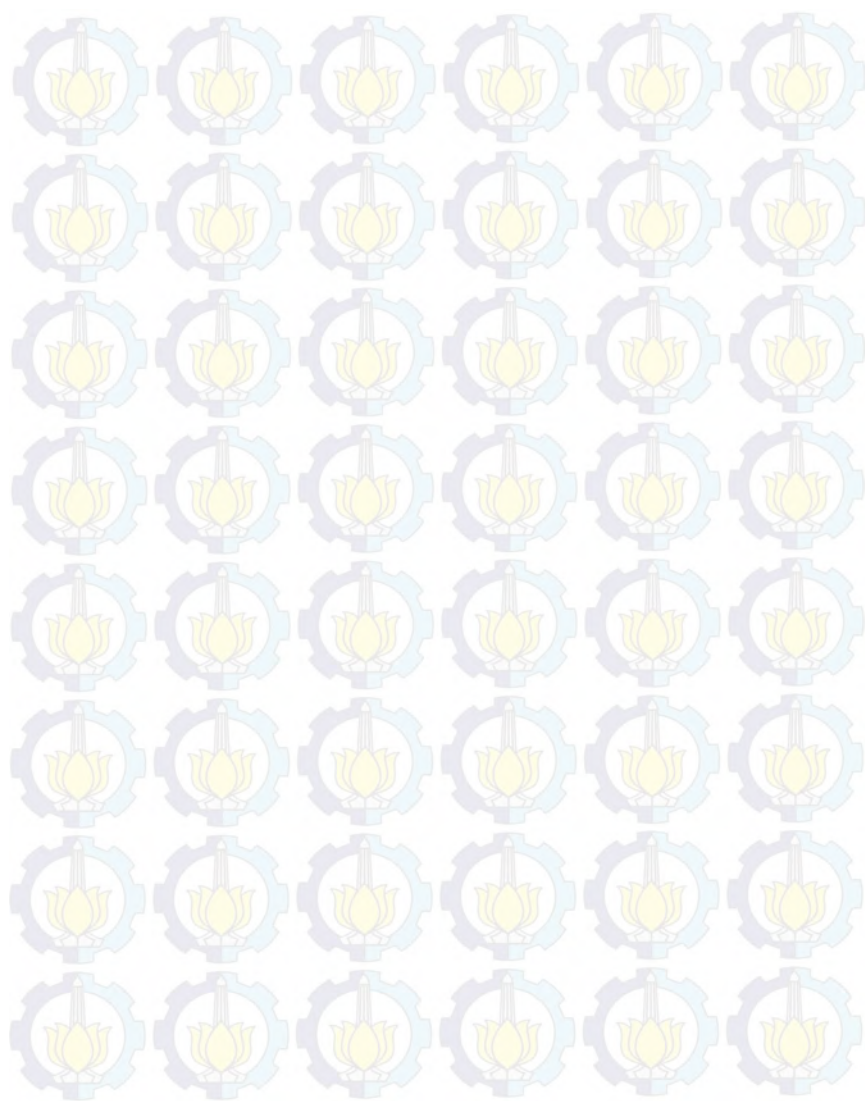
Tabel 2.1	Spesifikasi Data MODIS	7
Tabel 2.2	Pembagian Kanal Band Pada MODIS	8
Tabel 2.3	Aplikasi dan Penggunaan Band Spektral MODIS...	9
Tabel 2.4	Pembagian Konsentrasi <i>TSS</i>	18
Tabel 2.5	Pembagian Konsentrasi <i>TSS</i>	18
Tabel 3.1	Data Citra Aqua MODIS yang digunakan.....	27
Tabel 3.2	Data Lapangan Tahun 2003 (26 Mei-12 Juni 2003)	27
Tabel 3.3	Data Lapangan Tahun 2009 Bulan September	30
Tabel 3.4	Data Lapangan Tahun 2013 (10 Nopember 2013)..	30
Tabel 4.1	Nilai RMS Error pada Citra Aqua MODIS	44
Tabel 4.2	Konsentrasi <i>TSS</i> dari Pengolahan Citra Aqua MODIS	51
Tabel 4.3	Konsentrasi <i>TSS</i> Ground Truth Tahun 2013 dengan Aqua MODIS	54
Tabel 4.4	Pembagian Kelas <i>TSS</i> (mg/l)	57
Tabel 4.5	Konsentrasi Klorofil di Laut Senunu.....	62
Tabel 4.6	Uji Regresi Klorofil terhadap <i>TSS</i>	63
Tabel 4.7	Uji Regresi Turbiditas terhadap <i>TSS</i>	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reflektansi objek pada berbagai panjang gelombang	6
Gambar 2.2	Ilustrasi seni satelit AQUA MODIS.....	7
Gambar 3.1	Lokasi penelitian.....	25
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahap Penelitian	33
Gambar 3.3	Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data.....	36
Gambar 4.1	(a) Citra Aqua Modis level 1B September 2003 sebelum <i>Georeference</i> (b) Citra Aqua MODIS level 1B September 2003 setelah <i>Georeference</i> .	41
Gambar 4.2	Hasil Pemotongan Citra (<i>Cropping</i>)	41
Gambar 4.3	Hasil Koreksi Geometrik Pada Citra Aqua MODIS.....	42
Gambar 4.4	Hasil Koreksi Radiometrik Pada Citra Aqua MODIS.....	42
Gambar 4.5	(a) Hasil Pemisahan Daratan ... (b) Hasil <i>Clouds Masking</i> (Pemisahan Awan).....	43
Gambar 4.6	Sebaran Titik GCP Dan Konfigurasi Jaring Citra Aqua MODIS Tahun 2003	45
Gambar 4.7	Sebaran Titik GCP Dan Konfigurasi Jaring Citra Aqua MODIS Tahun 2009	46
Gambar 4.8	Sebaran Titik GCP Dan Konfigurasi Jaring Citra Aqua MODIS Tahun 2013	47
Gambar 4.9	Grafik Perbedaan Konsentrasi <i>TSS</i> di Lapangan Pada Tahun 2003, 2009, dan tahun 2013	48
Gambar 4.10	Grafik Perbedaan Konsentrasi <i>TSS</i> di Lapangan Pada Tahun 2013.....	49
Gambar 4.11	Lokasi Pengambilan Sampel.....	50
Gambar 4.12	Grafik Konsentrasi <i>TSS</i> Tahun 2003, 2009, dan Tahun 203.....	53
Gambar 4.13	Korelasi Linear Tahun 2013.....	58
Gambar 4.14	Peta Sebaran Konsentrasi <i>TSS</i> Tahun 2003.....	60
Gambar 4.15	Peta Sebaran Konsentrasi <i>TSS</i> Tahun 2009.....	60

Gambar 4.16	Peta Sebaran Konsentrasi TSS Tahun 2003.....	61
Gambar 4.17	Persebaran Konsentrasi TSS tahun 2003.....	62
Gambar 4.18	Persebaran Konsentrasi TSS tahun 2009.....	64
Gambar 4.19	Persebaran Konsentrasi TSS tahun 2013.....	65
Gambar 4.20	Skematik Arus Lintas Indonesia, Arus Samudera Hindia dengan Arus Teddies dan arus Leeuwin.....	70
Gambar 4.21	Sebaran Spasial Arus Permukaan Secara 3 Dimensi di Perairan Samudera Hindia, Selatan Sumbawa November 2013	73
Gambar 4.23	Sebaran Spasial Arus Secara 3 di Kedalaman 120m Dimensi di Perairan Samudera Hindia, Selatan Sumbawa November 2013	74
Gambar 4.23	Sebaran Spasial Arus Secara 3 di Kedalaman 150m Dimensi di Perairan Samudera Hindia, Selatan Sumbawa November 2013	74
Gambar 4.24	Sebaran Spasial Arus Secara 3 di Kedalaman 500m Dimensi di Perairan Samudera Hindia, Selatan Sumbawa November 2013	75



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laut Senunu adalah wilayah perairan laut yang masuk ke dalam kawasan *Coral Triangle* (Segitiga Terumbu Karang) yang terletak di Kepulauan Nusa Tenggara Barat. Kawasan Segitiga Terumbu Karang ini merupakan kawasan terkaya akan kehidupan laut di antara semua laut di Planet Bumi. Kawasan ini juga disebut sebagai "*Amazon of the Seas* (Kawasan Amazon di Laut)", sebagai pusat kehidupan laut yang melimpah akan beragam jenis makhluk hidup. Di kawasan ini di temukan lebih dari 75% spesies terumbu karang yang telah di kenal di bumi, terdiri dari sekitar 600 spesies koral. Didalam kawasan Segitiga Terumbu Karang terdapat 3000 jenis spesies ikan. Dengan banyaknya penduduk yang tinggal di sekitar pesisir laut Senunu menjadikan laut ini sangat vital keberadaannya karena sektor perikanan, serta untuk kebutuhan sehari-hari tergantung sepenuhnya terhadap potensi air dari Laut Senunu (Anonim, 2003).

Perairan laut Indonesia selalu berada dalam pengaruh berat baik dari aktifitas, perusahaan, minyak, transportasi laut serta aktifitas warga di daerah pesisir maupun daerah aliran sungai yang bermuara ke laut tersebut. Aktifitas tersebut membawa banyak penyebab resiko terjadinya kerusakan alam dan dapat berakibat merusak sumber daya laut.

Total Suspended Solid (TSS), adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal $2\mu\text{m}$ atau lebih besar dari ukuran partikel koloid (Lukisworo, 2011). Pengamatan terhadap sebaran *TSS* sering dilakukan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan. Karena Nilai *TSS* yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air.

Kualitas air di laut sangat bergantung dengan kualitas air dari sumbernya. Oleh karena itu diperlukan suatu parameter yang dapat digunakan sebagai standar penentuan kualitas air. Salah

satu parameter yang dapat digunakan untuk penghitungan serta analisa kualitas air di Laut Senunu adalah *TSS*. Penghitungan yang akurat harus dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran di Laut Senunu karena hal ini berkaitan dengan kehidupan berbagai jenis makhluk hidup (Nurjati dan Handayani, 2008).

Berdasarkan faktor tersebut, diperlukan adanya usaha untuk memantau persebaran *TSS* dari Laut Senunu mengingat pentingnya potensi air yang menopang berbagai kebutuhan. Salah satu pemantauan yang dapat dilakukan adalah menggunakan data satelit penginderaan jauh.

Menurut Ambarwulan et al. (2003) dalam Hermawan, D.M. dkk. (2012), menjelaskan bahwa penginderaan jauh telah memegang peranan penting untuk inventarisasi, monitoring dan pengelolaan wilayah pesisir melalui kemampuan memberikan gambaran sinopsis dari wilayah tersebut. Menurut Barret dan Curtis (1982) dalam penelitian Hermawan, D.M. dkk. (2012) menjelaskan bahwa citra satelit merupakan teknologi penginderaan jauh yang dapat menggambarkan secara detail kenampakan di bumi. Salah satu aplikasinya adalah untuk mempelajari kualitas air di suatu perairan terbuka. Kualitas perairan memiliki penetrasi cahaya yang berbeda pada daerah tertentu yang dapat diketahui dengan teknik multispektral.

Data penginderaan jauh yang digunakan adalah data multi temporal yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat sedimentasi yang ditunjukkan oleh tingkat kekeruhan air (*turbidity waters*), dan parameter - parameter yang lainnya. Dengan menggunakan data citra satelit multi temporal Aqua MODIS yang divalidasi dengan data sampel air laut di beberapa lokasi penelitian dan data hidro-oseanografi, diharapkan nantinya dapat diperoleh suatu peta distribusi *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan, menganalisa, dan memetakan sebaran *TSS* yang dihasilkan dari citra Aqua MODIS di perairan Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Wilayah studi adalah perairan Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat.
2. Data citra satelit yang digunakan adalah citra Aqua MODIS tahun 2003, 2009, dan 2013.
3. Peta yang digunakan adalah peta vektor RBI skala 1:1.000.000 (Sumber : Badan Informasi Geospasial).
4. Parameter yang digunakan dalam mengetahui sebaran *TSS* adalah data arus, turbiditas (kekeruhan), klorofil, dan Batimetri tahun 2003, 2009, dan 2013 (Sumber : Final Report Deep Sea Research at Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa, Indian Ocean LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009, dan 2013).
5. Hasil dalam penelitian ini adalah peta sebaran *TSS* di perairan Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009, dan 2013 dengan menggunakan citra Aqua MODIS.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Pembuatan peta sebaran *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009, dan 2013
2. Untuk mengetahui nilai dan sebaran *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009, dan 2013.
3. Untuk mendapatkan korelasi *TSS* berdasarkan data lapangan (*groundtruth*) dan citra satelit.

4. Melakukan analisa nilai dan sebaran *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009, dan 2013

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini di harapkan nantinya dapat memberikan manfaat, yaitu :

1. Memberikan hasil berupa peta persebaran *TSS* serta mengidentifikasi kadar kualitas air dan sumber material *TSS* yang ada di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat pada tahun 2003, 2009, dan 2013.
2. Menambah wawasan mengenai pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk memperoleh informasi spasial mengenai sebaran *TSS*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Lillesand dan Kiefer (1994) mendefinisikan penginderaan jauh sebagai ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena yang dikaji. Sensor adalah alat perekam objek bumi. Sensor dipasang pada wahana (*platform*) dan letaknya jauh dari objek yang diindera, sehingga diperlukan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek tersebut.

Sensor terbatas kemampuannya untuk mengindera objek kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap objek dinamakan resolusi. Menurut Purwadhi (2001) ada empat resolusi yang biasa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor, yaitu :

a. Resolusi Spasial

Merupakan ukuran objek terkecil yang masih dapat disajikan, dibedakan dan dikenali pada citra. Semakin kecil ukuran objek yang dapat terekam, semakin baik kualitas sensornya.

b. Resolusi Spektral

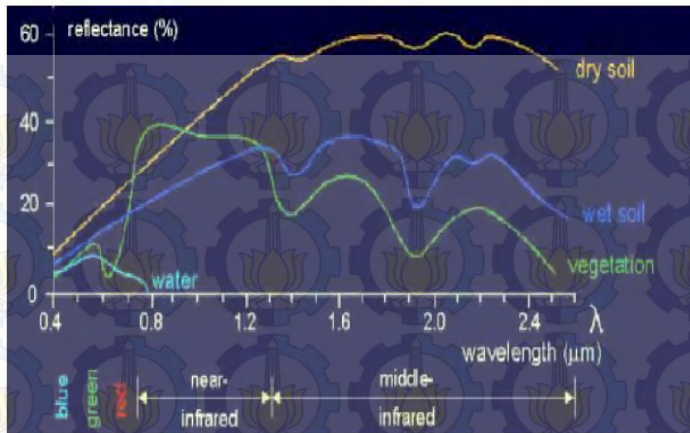
Merupakan daya pisah objek berdasarkan besarnya spectrum elektromagnetik yang digunakan untuk perekaman data.

c. Resolusi Temporal

Perbedaan kenampakan yang masih dapat dibedakan dalam waktu perekaman ulang.

d. Resolusi Termal

Resolusi termal adalah perbedaan suhu (temperatur) yang masih dapat dibedakan oleh sistem penginderaan jauh termal.



Gambar 2.1 Reflektansi objek pada berbagai panjang gelombang (Thoha, 2008)

2.2 MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*)

Satelit Terra/Aqua yang membawa sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) merupakan salah satu satelit penginderaan jauh yang memiliki kemampuan memantau permukaan bumi dan fenomena lingkungan dengan resolusi spasial 250 m, 500 m, dan 1000 m. Satelit ini dapat mencakup wilayah yang luas yaitu sekitar 2330 km setiap hari dengan resolusi spektral sebanyak 36 kanal. Satelit MODIS mulai beroperasi sejak tanggal 18 Desember 1999 (Terra) dan 4 Mei 2002 (Aqua). Gambar 2.3 merupakan ilustrasi seni satelit Terra/Aqua MODIS.



Gambar 2.2 Ilustrasi seni satelit AQUA MODIS
(NSDIC, 2007)

Tabel 2.1 Spesifikasi Citra Modis

Karakteristik Platform	Orbital Period — 99 menit
	Semi major axis – 7085 km
	Repeat Time – 16 hari
	Quasi repeat time – 2 hari
Orbit	705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular.
Dimension Swath :	2330 km (cross track) by 10 km(along track at nadir)
Quantization :	12 bits
Resolution Spasial :	250 m (bands 1-2)
	500 m (bands 3-7)
	1000 m (bands 8-36)
Design Usia	6 tahun

(Sumber : NASA, 2005)

Tabel 2.2 Pembagian Kanal Band pada MODIS

Reflected Solar Bands			Emissive Bands
<i>Aggregated 250 m</i>	<i>Aggregated 500 m</i>	<i>1 Km</i>	<i>1 Km</i>
Band 1 (620-670 nm)	Band 3 (459-479 nm)	Band 8 (405-420 nm)	Band 20 (3.660-3.840 μm)
Band 2 (841-876 nm)	Band 4 (545-565 nm)	Band 9 (438-448 nm)	Band 21 (3.929-3.989 μm)
	Band 5 (1230-1250 nm)	Band 10 (483-493 nm)	Band 22 (3.939-3.989 μm)
	Band 6 (1628-1652 nm)	Band 11 (526-536 nm)	Band 23 (4.020-4.080 μm)
	Band 7 (2105-2155 nm)	Band 12 (546-556 nm)	Band 24 (4.433-4.498 μm)
		Band 13L (662-672 nm)	Band 25 (4.482-4.549 μm)
		Band 13H (662-672 nm)	Band 27 (6.535-6.895 μm)
		Band 14L (673-683 nm)	Band 28 (7.175-7.475 μm)
		Band 14H (673-683 nm)	Band 29 (8.400-8.700 μm)
		Band 15 (743-753 nm)	Band 30 (9.580-9.880 μm)
		Band 16 (862-877 nm)	Band 31 (10.780-11.280 μm)
		Band 17 (890-929 nm)	Band 32 (11.770-12.270 μm)
		Band 18 (931-941 nm)	Band 33 (13.285-13.485 μm)
		Band 19 (915-965 nm)	Band 34 (13.485-13.785 μm)
		Band 26 (1.360-1.390 μm)	Band 35 (13.785-14.085 μm)
			Band 36 (14.085-14.385 μm)

(Sumber : USGS, 2011)

Tabel 2.3 Aplikasi dan penggunaan band spectral MODIS

Primary Use	Band	Bandwidth	Spectral Radiance
Land/Cloud/ Aerosol Boundaries	1	620-670 nm	21.8 W
	2	841-876 nm	24.7 W
	3	459-479 nm	35.3 W
	4	545-565 nm	29.0 W
	5	1230-1250 nm	35.3 W
	6	1628-1652 nm	29.0 W
	7	2105-2155 nm	5.4 W
Ocean Color Phytoplankton Biogeochemistry	8	405-420 nm	44.9 W
	9	438-448 nm	41.9 W
	10	483-493 nm	32.1 W
	11	526-536 nm	27.9 W
	12	546-556 nm	21.0 W
	13	662-672 nm	9.5 W
	14	673-683 nm	8.7 W
	15	743-753 nm	10.2 W
	16	862-877 nm	6.2 W
Atmospheric Water Vapor	17	890-920 nm	10.0 W
	18	931-941 nm	3.6 W
	19	915-965 nm	15.0 W
Surface/Cloud Temperature	20	3.660-3.840 μm	0.45 W (300 K) ¹
	21	3.929-3.989 μm	2.38 W (335 K) ¹
	22	3.929-3.989 μm	0.67 W (300 K) ¹
	23	4.020-4.080 μm	0.79 W (300 K) ¹
Atmospheric Temperatrure	24	4.433-4.498 μm	0.17 W (250 K) ¹
	25	4.482-4.549 μm	0.59 W (275 K) ¹
Cirrus Clouds Water vapor	26	1.360-1.390 μm	6.0 W
	27	6.535-6.895 μm	1.16 W (240 K) ¹
	28	7.175-7.475 μm	2.18 W (250 K) ¹
Cloud Properties	29	8.400-8.700 μm	9.58 W (300 K) ¹
Ozone	30	9.580-9.880 μm	3.69 W (250 K) ¹
Surface/Cloud Temperature	31	10.780-11.280 μm	9.55 W (300 K) ¹
	32	11.770-12.270 μm	8.94 W (300 K) ¹
Cloud Top Atitude	33	13.185-13.485 μm	4.52 W (260 K) ¹
	34	13.485-13.785 μm	3.76 W (250 K) ¹
	35	13.785-14.085 μm	3.11 W (240 K) ¹
	36	14.085-14.385 μm	2.08 W (220 K) ¹

(Sumber : NASA, 2005)

2.3 Data MODIS

Data MODIS terdapat dalam beberapa level data. Beberapa jenis level data MODIS yang tersedia yaitu level-0, level-1A, level-1B, level-2, dan level 3. Data MODIS level-0 merupakan data mentah hasil perekaman satelit yang di terima secara langsung oleh stasiun penerima di Bumi. MODIS level-0 memiliki informasi berupa kanal yang belum di perkecil. Ukuran datanya lebih besar dibandingkan dengan data MODIS level-1.

Data MODIS level-1 terdiri dari dua tipe yaitu MODIS level-1A dan MODIS level-1B. Data level-1A merupakan data mentah ditambah dengan informasi tentang kalibrasi sensor dan geolokasi. Geolokasi berisi informasi tentang lintang dan bujur pada setiap pusat piksel yang beresolusi 1 km. Informasi pada data ini diperkecil dan dikelompokkan dimana kanal dan sebagian data yang tidak digunakan akan dihilangkan. Kumpulan data level-1B memiliki kalibrasi dan geolokasi pada radiansi yang dihasilkan dari sensor. Pada MODIS level-1B, piksel tergeolokasi terhadap koordinat tengah piksel. Tidak ada koreksi untuk efek *bowtie* dari MODIS level-1B. Namun pada data perlu di perhatikan bahwa piksel di pinggir dari penyiaran (*scanning*) memiliki cakupan lebih luas dan cakupan dari piksel yang mengikuti arah penyiaran sebagian mengalami tumpang tindih (*overlap*).

Produk MODIS level-2 dihasilkan dari produk level-1. Isi data utama dari produk ini adalah nilai geofisik untuk setiap piksel, yang berasal dari level-1 dengan menerapkan kalibrasi sensor, koreksi atmosfer, dan algoritma bio-optik. Setiap produk level-2 ini berhubungan dengan cakupan geografis dari produk level-1A dan disimpan pada format HDF. Sedangkan produk data level-3 terdiri dari kumpulan data level 2. Citra satelit Aqua dan Terra MODIS level-3 biasanya sudah terkoreksi radiometrik maupun geometrik (Sukowati, 2009).

2.4 Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu proses pengendapan material yang dibawa oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Pethick (1984) mendefinisikan sedimen secara umum sebagai sekumpulan rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu. Delta yang terdapat di mulut-mulut sungai adalah hasil dari proses pengendapan material-material yang diangkut oleh air sungai, sedangkan bukit pasir (*sand dunes*) yang terdapat di gurun dan di tepi pantai adalah pengendapan dari material-material yang diangkut oleh angin. Batuan hasil pengendapan oleh air disebut sedimen akuatis. Bentang alam hasil pengendapan oleh air, antara lain *meander*, dataran banjir, tanggul alam dan delta.

Sedimentasi di pantai timbul karena adanya sedimen yang mengendap secara cepat dan terus menerus sehingga mengakibatkan berubahnya bentuk garis pantai. Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai dan bermuara di pantai. Oleh karena itu di pantai yang banyak terdapat muara sungainya akan lebih mudah mengalami proses sedimentasi. Selain itu, daerah dengan gelombang yang tidak terlalu besar juga akan mempercepat proses sedimentasi (Triatmodjo, 1999).

Didalam mempelajari proses sedimentasi, maka sangat penting mengetahui sifat-sifat dari sedimen itu sendiri. Beberapa sifat sedimen menurut Triatmodjo (1999) adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk dan kecepatan sedimen, kecepatan endapan, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Di antara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting. Sedimen pantai diklasifikasikan berdasar ukuran butir menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral (*pebble*), *cobble*, dan batu (*boulder*).

2.5 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid

(Lukisworo, 2011). *TSS* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk pengukuran kualitas air. Pengukuran *TSS* berdasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap oleh filter, biasanya dengan ukuran pori tertentu. Umumnya, filter yang digunakan memiliki ukuran pori 0,45 μm (Clescerl, 1905).

TSS adalah semua zat padat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air, dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti *fitoplankton*, *zooplankton*, bakteri, ataupun komponen mati (abiotik) seperti *detritus* dan partikel-partikel anorganik. Rumus menghitung *TSS* dari data *survey* lapangan adalah sebagai berikut :

$$TSS \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(Tb-Ta)}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

TSS = *Total Suspended Solid* (mg/l)
Ta = Berat kertas saring awal (mg)
Tb = Berat kertas saring akhir (mg)
V = Volume air yang disaring (l)

2.6 Parameter yang Digunakan

Adapun parameter yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi *TSS* adalah :

1. Arus Laut

Arus laut adalah gerakan massa air dari suatu tempat (posisi) ke tempat yang lain. Arus laut terjadi dimana saja di laut. Pada hakekatnya, energi yang menggerakkan massa air laut tersebut berasal dari matahari. Adanya perbedaan pemanasan matahari terhadap permukaan bumi menimbulkan pula perbedaan energi yang diterima permukaan bumi. Perbedaan ini menimbulkan fenomena arus laut dan angin yang menjadi mekanisme untuk menyeimbangkan energi di seluruh muka bumi. Kedua fenomena ini juga saling berkaitan erat satu dengan yang lain. Angin merupakan salah satu gaya utama yang

menyebabkan timbulnya arus laut selain gaya yang timbul akibat dari tidak samanya pemanasan dan pendinginan laut (Azis, 2006).

Menurut Nining (2002) sirkulasi dari arus laut terbagi atas dua kategori yaitu sirkulasi di permukaan laut (*surface circulation*) dan sirkulasi di dalam laut (*intermediate or deep circulation*). Arus pada sirkulasi di permukaan laut di dominasi oleh arus yang ditimbulkan oleh angin sedangkan sirkulasi di dalam laut didominasi oleh arus termohalin. Arus termohalin timbul sebagai akibat adanya perbedaan densitas karena berubahnya suhu dan salinitas massa air laut. Perlu diingat bahwa arus termohalin dapat pula terjadi di permukaan laut demikian juga dengan arus yang ditimbulkan oleh angin dapat terjadi hingga dasar laut. Sirkulasi yang di gerakkan oleh angin terbatas pada gerakan horisontal dari lapisan atas air laut. Berbeda dengan sirkulasi yang digerakkan angin secara horizontal, sirkulasi termohalin mempunyai komponen gerakan vertical dan merupakan agen dari pencampuran massa air di lapisan dalam.

Arus permukaan laut umumnya digerakkan oleh tekanan angin yang bekerja pada permukaan laut. Angin cenderung mendorong lapisan air di permukaan laut dalam arah gerakan air. Tetapi karena pengaruh rotasi bumi atau pengaruh gaya Coriolis, arus tidak bergerak searah dengan arah angin tetapi dibelokkan ke arah kanan dari arah angin di belahan bumi utara dan arah kiri di belahan bumi selatan. Jadi angin dari selatan (di belahan bumi utara) akan membangkitkan arus yang bergerak ke arah timur laut. Arus yang dibangkitkan angin ini kecepatannya akan berkurang dengan bertambahnya dan arahnya berlawanan dengan arah arus di permukaan (Azis, 2006).

2. Klorofil-a

Klorofil merupakan pigmen hijau yang terdapat pada tumbuhan. Tipe klorofil yang paling umum dari tumbuhan yaitu klorofil-a. Dalam inventarisasi dan pemetaan sumber daya alam pesisir dan laut, klorofil-a digunakan untuk mengetahui keberadaan fitoplankton dalam air. Berdasarkan *United State Environmental Protection Agency*, semakin tinggi konsentrasi klorofil-a semakin berlimpah fitoplankton di air tersebut. Fitoplankton merupakan organisme laut yang melayang dan hanyut dalam air laut serta mampu melakukan fotosintesis (Nybakken, 1992). Kandungan klorofil-a di perairan dapat digunakan sebagai ukuran banyaknya fitoplankton pada suatu perairan tertentu dan dapat digunakan sebagai petunjuk produktivitas perairan.

Jenis pigmen yang terbesar dalam fitoplankton adalah klorofil-a. Fitoplankton juga dilengkapi pigmen-pigmen pelengkap sebagai alat tambahan bagi klorofil-a dalam mengabsorpsi sinar. Pigmen-pigmen tambahan ini mampu mengabsorpsi sinar-sinar dalam spektral yang oleh klorofil-a tidak mampu menyadapnya (Basmi, 1995).

3. Kekeruhan (*Turbidity*)

Menurut Nutijen (2007) dalam Final Report LIPI – Oseanografi di Laut Senunu Nusa Tenggara Barat (2013) menjelaskan bahwa kekeruhan itu menggambarkan sifat optik yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan anorganik yang tersuspensi dan terlarut maupun bahan organik yang berupa plankton dan mikro organisme lain. Kekeruhan berkorelasi dengan jumlah dari butir-butir zat yang tersuspensi dan terlarut dalam air. Bahan yang menyebabkan air menjadi keruh antara lain, tanah liat, endapan (lumpur), zata organik dan bukan

organik yang terbagi dalam butir-butir halus, campuran warna organik yang bisa di larutkan, plankton, jasad renik.

2.7 Uji Validasi

Dalam penelitian ini uji validasi yang digunakan adalah metode korelasi linear, dimana pengukuran hubungan antara peubah X dan peubah Y. Hubungan kedua peubah dapat dinyatakan dalam bilangan yang disebut koefisien korelasi dengan lambang r , dimana ditunjukkan bahwa $-1 \leq r \leq 1$. Besaran r dapat digunakan untuk mengukur keeratan hubungan linear antara kedua peubah. Apabila $r = 1$ atau r mendekati 1, maka kedua peubah berkorelasi positif dan kemungkinan nilai peubah terletak pada garis lurus dengan kemiringan (*slope*) yang positif. Apabila $r = -1$ atau r mendekati -1, maka kedua peubah berkorelasi negatif dan kemungkinan nilai peubah terletak pada garis lurus dengan kemiringan (*slope*) yang negatif. Jika nilai $r = 0$ atau mendekati 0, maka kedua peubah dikatakan tidak berkorelasi, artinya tidak berhubungan linear satu sama lain. Sedangkan koefisien korelasi tidak nol berarti ada suatu hubungan linear antara nilai-nilai peubah di dalam data (Draper et. al, 1992). Adapun persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\}^{1/2} \{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2\}^{1/2}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- x : Data ground truth
- y : data yang dihitung korelasinya (dari hasil pengolahan citra)
- n : jumlah data
- r : koefisien korelasi

Uji korelasi dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui hubungan dari nilai data *ground truth* dengan data pengolahan citra.

2.8 Analisis Regresi

Dalam penelitian ini selain menggunakan metode korelasi linear, juga menggunakan metode regresi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara data *ground truth* dengan data pengolahan citra, serta untuk mengetahui hubungan antara data *ground truth* dengan parameter yang digunakan. Menurut Iriawan (2006) dalam Rusdi (2010), menjelaskan bahwa analisis regresi sangat berguna dalam penelitian antara lain :

1. Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor,
2. Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respons,
3. Model regresi berguna untuk memprediksi pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respons.

Kedua variabel tersebut dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika secara umum, bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|---|
| β_0 | = Intersep (Konstanta) |
| $\beta_1 \dots \beta_k$ | = Parameter model regresi untuk $x_1 \dots x_k$ |
| ε | = Error (residual = jarak antara nilai sebenarnya dengan garis model taksiran) |

Dengan fungsi taksiran persamaan :

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

b_0 = Taksiran dari β_0
 $b_1 \dots b_k$ = Taksiran dari $\beta_1 \dots \beta_k$
 ε = 0 (residual dianggap nol, nilai residual menjadi kriteria model terbaik)

2.9 Algoritma untuk Mengukur Nilai TSS (Total Suspended Solid) pada Pengolahan Citra

Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Ocean Color 4 (OC4 – V4(Reilly et al, 1998). Nilai reflektan Total Suspended Solids yang ditangkap oleh sensor adalah :

$$R = \log \frac{L(\text{Kanal 1})}{L(\text{Kanal 2})} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$$L = \text{Radiasi} \left(\frac{W}{cm^2 nm^{-1} sr^{-1}} \right)$$

Selanjutnya perhitungan konsentrasi Total Suspended Solids dengan menggunakan persamaan (OC-4), yaitu :

$$TSS = 10^{(a_0 + a_1 R + a_2 R + a_3) + a_4} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 a_0 &= 0,47098 \\
 a_1 &= -3,8469 \\
 a_2 &= 4,53380 \\
 a_3 &= -2,4434 \\
 a_4 &= -0,0414
 \end{aligned}$$

2.10 Kelas Konsentrasi TSS

Dalam penelitian ini pembagian kelas/kategori TSS dibuat berdasarkan dari Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.1 tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air dan menurut Canter (2006). Adapun pembagian kelasnya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Pembagian Konsentrasi TSS (mg/l)

Kategori	Rentang Konsentrasi TSS (mg/l)
Rendah	0 – 100
Sedang	100 - 220
Tinggi	220 - 350

Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.1, 2010

Tabel 2.5 Pembagian Konsentrasi TSS (mg/l)

Kategori	Rentang Konsentrasi TSS (mg/l)
Rendah	0 – 100
Sedang	100 - 220
Tinggi	220 - 350

Sumber : Canter, 2006

2.11 Pengolahan Citra

Dibawah ini adalah beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengolahan citra :

1. Georeference MODIS

Satelit Aqua Modis menghasilkan citra yang dipotret dalam keadaan posisi terbalik yang dikarenakan satelit tersebut beredar dalam suatu lintasan orbit satelit dari selatan ke utara. Sehingga diperlukan suatu proses *georeference* MODIS agar citra yang dihasilkan sesuai dengan kondisi sebenarnya.

2. Pemotongan Citra (*Subsetting*)

Didalam pengolahan ini terdapat dua jenis pemotongan (*subsetting*), yaitu:

a. Pemotongan Band (*Spectral Subsetting*)

Pada proses pengolahan ini band yang diambil adalah yang tertentu saja (1, 2, dan 3) untuk file reflektan.

b. Pemotongan Citra (*Spatial Subsetting*)

Proses ini dilakukan bertujuan untuk membatasi daerah yang dikaji sehingga sesuai dengan daerah penelitian. Selain itu proses ini juga dapat memperkecil besar file yang digunakan dan membantu pemrosesan data menjadi lebih cepat dan efektif.

3. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik ini dilakukan agar data citra yang akan di proses sesuai dengan sistem koordinat di bumi. Terdapat dua metode koreksi Geometrik, yaitu :

- ### a. Koreksi Geometrik dengan Rektifikasi Citra ke Peta
- Rektifikasi citra ke peta menggunakan prinsip bahwa peta mempunyai sistem proyeksi dan koordinat yang lebih benar sehingga dapat diacu oleh citra. Dalam proses ini, sistem geometri citra diubah menjadi planimetrik. Segala aktivitas pemanfaatan citra yang memerlukan pengukuran jarak, arah, dan luas yang akurat selalu memerlukan jenis koreksi ini. Meskipun demikian, metode koreksi ini tidak mampu menghilangkan semua distorsi yang disebabkan oleh pergeseran relief pada citra. Oleh karena itu, metode koreksi semacam ini akan sangat terasa kekurangannya untuk menghasilkan citra yang terproyeksikan secara orthogonal penuh (*orthoimage*) dengan menghilangkan semua distorsi (Danoedoro, 2012).

b. Koreksi Geometrik dengan Rektifikais Citra ke Citra

Koreksi geometri dengan rektifikasi dari citra ke citra merupakan suatu proses yang membandingkan pasangan titik-titik yang dapat diidentifikasi dengan mudah pada kedua citra. Rektifikasi citra ke citra tidak memerlukan hasil yang harus menyajikan informasi tentang koordinat yang benar-benar sesuai dengan peta (Danoedoro, 2012).

4. Koreksi Radiometrik

Koreksi Radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau adanya kesalahan radiometrik akibat gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi pada matahari (Purwadhi, 2001). Koreksi radiometrik ini bertujuan untuk memperbaiki nilai piksel sehingga sesuai dengan yang seharusnya dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama.

Selain itu koreksi ini dilakukan untuk merubah nilai digital tiap-tiap citra menjadi nilai reflektan (pantulan), sehingga dapat di ketahui intensitas pantulan dari objek-objek yang terdapat pada tiap-tiap citra termasuk di dalamnya nilai pantulan sedimen tersuspensi.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung nilai reflektan pada citra MODIS adalah :

$$Refb = Ref_{scale}B1 * (B1 - Ref_offsetB1) ..(2.7)$$

Dimana :

$Refb$	= Nilai reflektansi Band 1 pada Aqua MODIS
$Ref_{scale}B1$	= Nilai skala (Reflectance scale) Band 1
$B1$	= Band 1 pada Aqua MODIS

Ref_offsetB1 = Nilai offset (Refelectance offsets)
Band 1 pada Aqua MODIS

5. Pemisahan Daratan

Proses ini dilakukan karena dalam penelitian ini daerah yang dikaji berupa lautan, sehingga data daratan harus dipisahkan dari daerah penelitian dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$B1 > 0.0 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

B1 = Band 1 Aqua MODIS

6. Pemisahan awan

Dalam pengolahan citra salah satu gangguan citra yang muncul adalah adanya awan. Sehingga diperlukan suatu proses pemisahan awan dengan menggunakan suatu algoritma yang dapat membantu pada tahap pengolahan citra selanjutnya.

Adapun algoritma yang digunakan dalam pemisahan awan adalah algoritma menurut Xiao et all, 2004 dalam Mayasari, 2010 :

$$CM = (B3 \geq 0,2) * 0 + (B3 < 0,2) * 1 \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

B3 : Band 3 Aqua MODIS

2.12 Penelitian Terdahulu

Dari hasil penelitian Arisauna (2009) di muara Kali Porong menunjukkan bahwa persebaran sedimentasi di Muara Kali Porong cenderung dinamis, dengan dipengaruhi oleh faktor musim, pasang surut dan arus pasang surut, serta kontur bathimetri dan sumber material sedimen. Potensi pengendapan sedimen terbesar terjadi dihampir sepanjang

pesisir sidoarjo-pasuruan, terutama di Muara Kali Ketingan dan Muara Kali Porong. Laju pertumbuhan daratan terbesar adalah tahun 2006-2007, dengan laju 93.298 Ha/tahun.

Dari hasil penelitian Slamet Budi (2006) dapat disimpulkan bahwa topik evaluasi distribusi sedimentasi di wilayah Selat Madura menggunakan citra landsat multitemporal, dari tahun 1990 dan tahun 2002 Konsentrasi *TSM (Total Suspended Matter)* di Selat Madura didominasi oleh kelas $>120\text{mg/l}$. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan air di daerah tersebut sangat tinggi dimana dengan kondisi tersebut dapat memberikan terjadinya sedimentasi dipermukaan dasar laut yang berakibat pada pendangkalan.

Menurut Penelitian Budiman, S. (2004) di perairan Delta Mahakam. Algoritma yang digunakan adalah nilai reflektan irradian ($R(0-)$) dari band merah yang digunakan sebagai input, tetapi pada penelitian ini yang digunakan sebagai nilai reflektan adalah band merah yang telah terkoreksi atmosferik. Berikut algoritma yang digunakan :

$$TSS \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = A * \exp^{(S * R(0-)_{\text{kanal merah}})} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

TSS = Total Suspended Solid

$R(0-)$ = Reflektan Irradian

A dan S merupakan variabel persamaan

Menurut hasil penelitian Ratna (2010) Dari hasil pengolahan data dan analisis didapatkan bahwa sedimentasi di sepanjang pantai Surabaya- Sidoarjo didominasi oleh nilai TSS 25-125 mg/L. Selain itu sedimentasi juga dapat dilihat dari adanya penambahan luas daratan sebesar 147,978 ha antara tahun 2003 sampai 2006 dan 213,888 ha antara tahun 2006 sampai 2009. Dari hasil ini dapat diindikasikan bahwa terjadi peningkatan laju sedimentasi pasca pembangunan jembatan Suramadu dan peristiwa Lapindo.

Dari hasil penelitian Guzman dan Santaella (2009) yang melakukan penelitian tentang TSS di daerah Mayagues Bay dengan menggunakan citra Aqua dan Terra MODIS, menyebutkan bahwa Monitoring dan pemahaman yang baik dari aliran dan proses di lingkungan pantai penting untuk menjaga kualitas air dan keseimbangan geomorfologi. Dalam penelitian ini digunakan 3 algoritma penelitian TSS untuk citra Aqua MODIS yang dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan hasilnya. Algoritma ini diolah berdasarkan nilai Rrs (*Reflectan Remote Sensing*) band 1. Nilai dari ketiga algoritma disajikan dalam nilai-nilai kisaran pengamatan in situ dan karakteristik spasial lingkungan pesisir. Data tambahan dan pra-pengolahan parameter akan dievaluasi untuk meningkatkan hasil validasi dan menghasilkan nilai TSS untuk pantai-perairan tropis.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa sedimentasi dan TSS dapat digunakan untuk mengetahui kualitas air yang ada di daerah tersebut. Selain itu sedimentasi dan TSS yang diambil di laut dangkal (pesisir) sangat dipengaruhi oleh arus pasang surut, pasang surut, gelombang dan angin.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

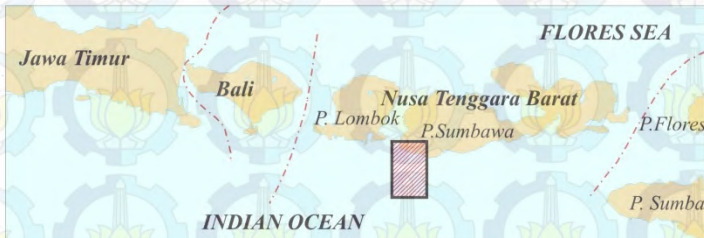
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi untuk penelitian tugas akhir ini mengambil daerah studi di perairan barat daya Sumbawa yang merupakan bagian dari perairan timur laut Samudera Hindia. Adapun koordinat lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut :

Utara	: $116^{\circ}28'24.13''$ - $117^{\circ}31'21.7''$ BT
Selatan	: $116^{\circ}28'24.13''$ - $117^{\circ}31'21.7''$ BT
Barat	: $8^{\circ}55'07.38''$ - $9^{\circ}89'77.10''$ LS
Timur	: $8^{\circ}55'07.38''$ - $9^{\circ}89'77.10''$ LS



Gambar 3.1 Lokasi penelitian (Anonim, 2004)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang diperlukan dalam penelitian adalah :

1. Peta Vektor RBI 1 : 1.000.000 yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai data acuan dalam koreksi geometrik.
2. Citra Aqua MODIS level 1 B tahun 2003, 2009, dan 2013.

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra Aqua Modis level 1B. Adapun pemilihan citra ini berdasarkan dari pengambilan data di lapangan (*ground truth*) dari tahun 2003, 2009 dan tahun 2013. Untuk memperoleh data citra Aqua

MODIS level 1B ini diperlukan beberapa tahapan pengolahan agar nantinya siap diaplikasikan ke dalam algoritma produk. Adapun tahapan-tahapan pengolahan yang ditempuh dari data mentah menjadi data level 1B adalah sebagai berikut .

a. Data Level 0

Data Level 0 merupakan data mentah yang diperoleh langsung dari satelit. Data citra pada level 0 ini masih berupa format data transmisi.

b. Data Level 1A

Data Level 1A merupakan data yang telah diperiksa dan direkonstruksi. Data citra pada level ini sudah mempunyai informasi waktu dan keterangan koefisien kalibrasi serta parameter georeference.

c. Data Level 1B

Pada data Level 1B ini sudah disisipkan beberapa sub-file tersendiri yang berupa data lokasi geografis, data kalibrasi sensor untuk konversi perhitungan digital.

d. Data Level 2

Data Level 2 ini merupakan hasil dari pengolahan data Level 1 untuk menghasilkan data geofisik (*brightness*, *temperatur*, *radiance*, *cloud mask*, NDVI, SST, LST, dan *fire*).

Data Level 1B ini sudah siap diimplementasikan pada algoritma produk geofisika apapun, sehingga nantinya dapat diolah untuk menghasilkan produk informasi yang diinginkan. Data citra Aqua MODIS Level 1B mempunyai format file HDF (*Hierarchical Data Format*) yang berekstensi “.hdf”.

Data Aqua MODIS yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dengan cara mengunduh dari <http://modis.gsfc.nasa.gov/> atau bisa juga melalui <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Dari data level 1B ini nantinya akan diolah menjadi data level 2 yang telah mempunyai informasi mengenai TSS.

Ukuran file dari satu scene pada data Aqua MODIS berkisar 200MB, hal ini disebabkan pada sistem instrumen Aqua MODIS mempunyai 36 buah kanal. Berikut ini adalah data-data yang digunakan dalam penelitian, yaitu :

Tabel 3.1 Data Citra Aqua MODIS yang digunakan

No	Nama File	Tanggal
1	MYD021KM.A2003160.0525.005.2010053205122.hdf	18 Mei 2003
2	MYD021KM.A2009252.0600.005.2009252182956.hdf	14 September 2009
3	MYD021KM.A2013250.0625.005.2013250175243.hdf	10 Nopember 2013

3. Data Lapangan yang berupa TSS yang diambil dari beberapa titik stasiun (sumber : LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009 dan 2013.). Dibawah ini adalah data – data yang digunakan dalam penelitian yaitu :

Tabel 3.2 Data Lapangan Tahun 2003(26 Mei-12 Juni 2003)

No. Stasiun	Sample ID	Kedalaman	Total Suspended Solid (mg/l)	Longitude (E)	Latitude (S)
1	01.S	5	1.2	116,55372	-9,06040
	01. M	400	0.8		
	01. V	600	ND		
	01.W	800	ND		
	01. X	1000	ND		
	01. Z	1100	ND		
4	01. B	1200	ND	116,77152	-9,06143
	04. S	5	2		
	04. M	100	0.8		
9	04. B	168	0.8	116,72337	-9,09888
	09. S	5	ND		
	09. M	200	ND		
	09. V	400	ND		
20	09. B	450	ND	116,89032	-9,14653
	20. S	5	ND		
	20. M	400	ND		

	20. V	600	ND		
	20. W	700	ND		

Lanjutan Tabel 3.2 Data Lapangan Tahun 2003
(26 Mei-12 Juni 2003)

No. Stasiun	Sample ID	Kedalaman	Total Suspended Solid (mg/l)	Longitude (E)	Latitude (S)
20	20.X	800	ND	116,89032	-9,14653
	20. Y	900	ND		
	20. Z	1000	ND		
	20. B	1250	ND		
27	27. S	5	ND		
	27. M	400	ND		
	27. V	500	ND		
	27. W	750	ND		
	27. X	1000	ND		
	27. Y	1250	ND		
	27. Z	1500	ND		
	27. B	2060	ND		
36	36. S	3	ND	116,80235	-9,40090
	36. M	400	ND		
	36. V	1000	ND		
	36. W	1500	ND		
	36. X	2000	ND		
	36. Y	2500	ND		
	36. Z	2650	ND		
45	36. B	2750	ND	116,80950	-9,56385
	45. S	5	ND		
	45. M	400	ND		
	45. V	1000	ND		
	45. W	1500	ND		
	45. X	2000	ND		
	45. Y	2500	ND		
	45. Z	3000	ND		
50	45. B	3350	ND	116,55633	-9,72850
	50. S	5	4		
	50. M	200	0.8		
	50. B	400	38		
51	51. S	5	ND	116,63740	-9,72888
	51. M	400	11.2		
	51. B	500	18		
52	52. S	2	ND	116,71662	-9,72718
	52. M	400	ND		

	52. V	600	0.8		
	52. B	700	0.8		

Lanjutan Tabel 3.2 Data Lapangan Tahun 2003
(26 Mei-12 Juni 2003)

No. Stasiun	Sample ID	Kedalaman	Total Suspended Solid (mg/l)	Longitude (E)	Latitude (S)
	53. S	5	ND		
	53. M	400	ND		
	53. V	500	ND		
	53. W	600	ND		
53	53. X	700	ND	116,77803	-9,72898
	53. Y	800	ND		
	53. Z	900	ND		
	53. B	1050	ND		
54	54. S	5	ND		
	54. M	400	ND		
	54. V	1000	ND		
	54. W	2000	ND	116,81358	-9,72350
	54. X	2200	ND		
	54. Y	3000	ND		
	54. Z	3500	ND		
	54. B	3650	ND		
58	58.S	5	ND		
	58. M	400	ND		
	58. V	1000	ND		
	58. W	2000	ND	117,05725	-9,72773
	58. X	2500	ND		
	58.Y	3000	ND		
	58. Z	3300	ND		
	58. B	3400	ND		

Tabel 3.3 Data Lapangan tahun 2009 bulan September

Stasiun	Kedalaman	Total Suspended Solid (mg/l)	Longitude (E)	Latitude (S)
NNT 1	1058	ND	116,55372	-9,06040
NNT 4	258	2	116,77152	-9,06143
NNT 9	587	ND	116,72337	-9,09888
NNT 15	1399	ND	116,63985	-9,14710
NNT 20	1085	ND	116,89032	-9,14653
NNT 25	2278	ND	116,71772	-9,22833
NNT 33	3346	ND	116,63985	-9,39965
NNT 40	3939	ND	117,05640	-9,40070
NNT 45	4038	ND	116,80950	-9,56385
NNT 50	480	38	116,55633	-9,72850
NNT 51	371	ND	116,63740	-9,72888
NNT 52	895	ND	116,71662	-9,72718
NNT 53	1111	ND	116,77803	-9,72898

Tabel 3.4 Data Lapangan Tahun 2013
(10 November 2013)

No. Stasiun	Sample ID	Total Suspended Solid (mg/l)	Longitude (E)	Latitude (S)
St. 4	S (Surface)	0,1831	116,77152	-9,06143
	M (Middle)	0,1334		
	B (Bottom)	0,1943		
St. 9	S (Surface)	0,0498	116,72337	-9,09888
	M (Middle)	0,068		
	B (Bottom)	0,0745		
St. 15	S (Surface)	0,1144	116,63985	-9,14710
	M (Middle)	0,0946		
	B (Bottom)	0,0819		
St. 25	S (Surface)	0,063	116,71772	-9,22833
	M (Middle)	0,0813		
	B (Bottom)	0,1679		
St. 33	S (Surface)	0,0441	116,63985	-9,39965
	M (Middle)	0,05		
	B (Bottom)	0,053		
St. 39	S (Surface)	0,103	116,97430	-9,40043
	M (Middle)	0,1124		
	B (Bottom)	0,1004		

St. 45	S (Surface)	0,0677	116,80950	-9,56385
	M (Middle)	0,0864		
	B (Bottom)	0,0657		

Lanjutan Tabel 3.4 Data Lapangan Tahun 2013
(10 November 2013)

St. 50	S (Surface)	0,1137	116,55633	-9,72850
	M (Middle)	0,0981		
	B (Bottom)	18		
St. 51	S (Surface)	0,062550	116,63740	-9,72888
	M (Middle)	0,04332		
	B (Bottom)	0,1127		
St. 52	S (Surface)	0,0372	116,71662	-9,72718
	M (Middle)	0,0389		
	B (Bottom)	0,0375		
St. 53	S (Surface)	0,081300	116,77803	-9,72898
	M (Middle)	0,07654		
	B (Bottom)	0,05645		
St. 56	S (Surface)	0,0838	116,88832	-9,72662
	M (Middle)	0,0795		
	B (Bottom)	0,082		
St. 59	S (Surface)	0,054200	116,80865	-9,07283
	M (Middle)	0,1032		
	B (Bottom)	38		

4. Data pendukung yang lainnya seperti data arus, turbiditas, dan klorofil-a yang digunakan sebagai parameter dalam menentukan sebaran dan nilai TSS.

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

a. Perangkat Keras (*Hardware*)

- Notebook , RAM 2Gb, Hard Disk 500 Gb
- Printer
- Alat tulis

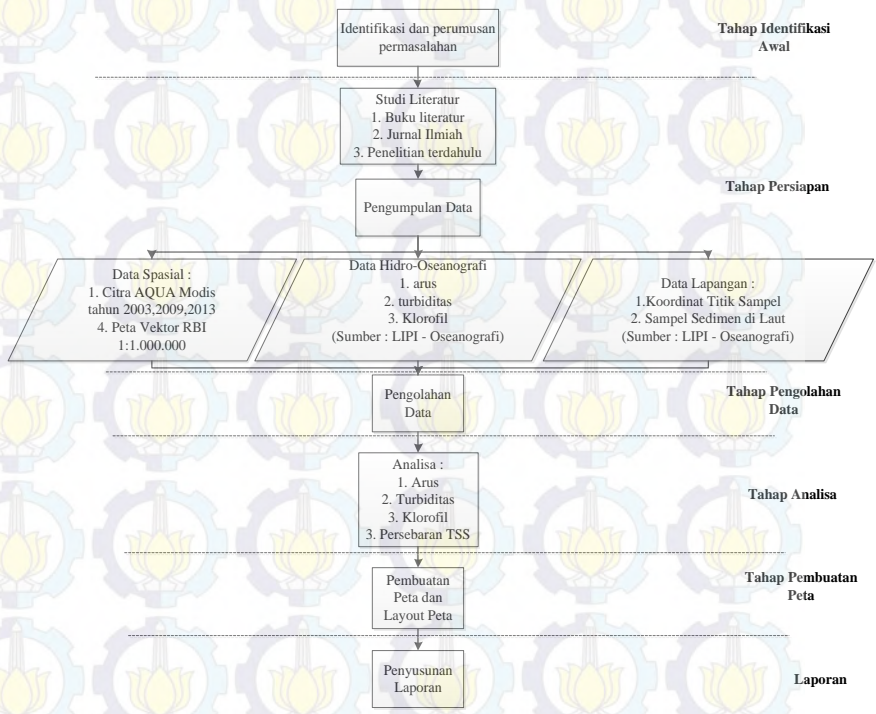
b. Perangkat Lunak (*Software*)

- *Software* pengolahan citra digunakan untuk mengolah citra sehingga didapatkan nilai dan sebaran TSS.
- *Microsoft Office* digunakan untuk menulis laporan Tugas Akhir.

- *Arc GIS* 10.1 digunakan untuk proses klasifikasi dan pembuatan peta.
- c. Peralatan yang digunakan dalam mengambil Sampel di Laut
- Kapal Penelitian
Kapal riset yang dipergunakan dalam riset ini adalah KR. Baruna Jaya VIII. Kapal riset ini dilengkapi oleh peralatan-peralatan penelitian yang memadai untuk melaksanakan survei ini. Kapal survei ini juga dilengkapi dengan peralatan navigasi dan sistem penentuan posisi kapal, seperti Simrad Shipmate GPS, Trimble AG GPS, Navipac dan SPS *Integrated Navigation System*.
 - Pengukuran Pola Arus
Untuk mengukur pola arus yang ada di lokasi survei dilakukan dengan mempergunakan Acoustic Doppler Current Profiler RDI-BBVM-ADCP-75 Khz, yang dibuat oleh RD instrument.
 - Pengambilan Sampel air laut untuk analisis TSS
Air laut yang telah diambil dimasukkan ke dalam botol Polyethilen ukuran 500 ml yang kemudian disimpan dalam ruangan dengan suhu 4°C, hal ini berfungsi untuk mengurangi dekomposisi mikrobiologi.
- d. Peralatan dan metode yang digunakan dalam menghitung TSS
- Metode yang digunakan adalah sebagai berikut:
- Kertas saring watman (membran filter) yang berukuran 0,043 μm dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Setelah itu kertas tersebut ditimbang untuk mengetahui berat awal kertas saring tersebut, karena setiap kertas mempunyai berat yang berbeda-beda.

- Sampel sebanyak 1 atau 2 liter disaring dengan menggunakan kertas saring watman yang sebelumnya telah diketahui berat awalnya (T_a).
- Kertas saring yang telah berisi sampel, dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Setelah itu di timbang kembali untuk mengetahui berat akhirnya (T_b).
- *Total Suspended Solid* dihitung dengan menggunakan rumus pengukuran TSS (lihat Rumus 2.1)

3.2 Tahap Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahap Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan Diagram alir metode penelitian :

1. Tahap Identifikasi Awal



Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana proses memetakan dan menganalisa nilai dan sebaran *TSS* untuk menguji kualitas air di Teluk Senunu, Sumbawa Barat.

2. Tahap Persiapan



Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan suatu kegiatan yang bertujuan untuk menentukan metode yang dapat menyelesaikan permasalahan yang ada dengan mencari informasi serta landasan teori yang dapat mendukung penelitian baik dari buku, jurnal ilmiah, majalah, internet, dan lain-lain



Pengumpulan data

Pengumpulan data ini meliputi data spasial yang meliputi citra Aqua MODIS dan peta Vektor RBI. Data Hidro-Oseanografi yang meliputi data arus, dan *turbidity* (kekeruhan) (sumber : LIPI - Oseanografi). Data lapangan yang meliputi koordinat titik sampel, dan sampel sedimen di laut yang diambil pada tahun 2003, 2009, dan tahun 2013 (sumber : Final Report Deep Sea Research at Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa, Indian Ocean LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009, dan 2013.).

3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dari data-data yang telah diambil di lapangan serta data penunjang lainnya.

4. Tahap Analisa

Pada tahap ini dilakukan analisa sedemikian rupa setelah dilakukan pengolahan data sehingga didapatkan suatu hasil dan kesimpulan.

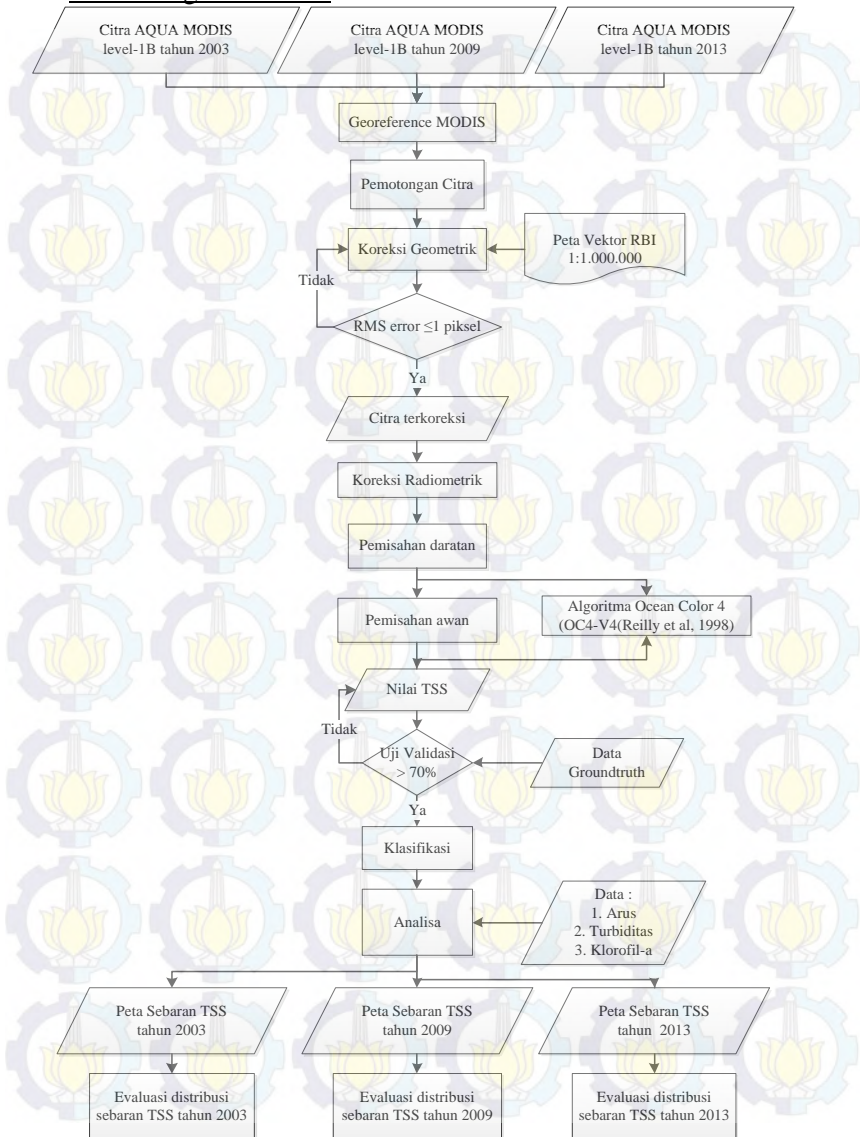
5. Tahap Pembuatan Peta

TSS hasil pengolahan citra kemudian diolah dengan menggunakan software *ArcGIS* untuk membuat layout peta. Pembuatan acuan spasial daratan menggunakan peta Vektor RBI skala 1:1.000.000.

6. Laporan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah membuat dokumentasi berupa laporan untuk setiap tahapan proses diatas yang digunakan untuk menyusun laporan sebagai tahap akhir.

3.4 Metodologi Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data

Dibawah ini adalah penjelasan diagram alir tahap pengolahan data

:

1. Pengumpulan data
 - a. Citra Aqua MODIS Level-1B tahun 2003, 2009 dan 2013.
 - b. Peta Vektor RBI skala 1 : 1.000.000.
 - c. Data arus, *turbidity* (kekeruhan), dan klorofil
 - d. Data lapangan berupa koordinat titik sampel dan pengambilan sampel sedimen di laut oleh LIPI – Oseanografi yang di ambil pada tahun 2003, 2009, dan tahun 2013.
2. Pengolahan data
 - a. Georeference Modis
dilakukan dalam pemrosesan citra agar sesuai dengan keadaan sebenarnya. Hal ini dikarenakan ketika citra AQUA Modis didownload dalam keadaan terbalik. Pada proses ini dipilih band yang di butuhkan yaitu band 1, 2, dan 3. Selain itu dipilih koordinat dalam *Geographic Lat/Lon, Datum WGS 84* dan *Units* dalam *Degress*.
 - b. Pemotongan Citra
Karena daerah penelitian yang digunakan adalah Perairan Laut Senunu, Sumbawa Barat yang harus dipotong berdasarkan area yang ditentukan, hal ini dilakukan supaya proses pengolahan citra lebih efektif dan efisien. Adapun koordinat daerah yang dipotong adalah sebagai berikut :
 Utara : 116°28'24" - 117°31'21" BT
 Selatan : 116°28'24" - 117°31'27" BT
 Barat : 8°55'07" - 9°08'57" LS
 Timur : 8°55'07" - 9°08'57" LS
 - c. Koreksi Geometrik
Koreksi ini menggunakan acuan peta Vektor RBI Indonesia skala 1 : 1.000.000. Toleransi yang digunakan yaitu RMS Errornya harus ≤ 1 piksel,

apabila melebihi maka koreksi tersebut harus diulang. Proses ini akan menghasilkan citra yang telah terkoreksi secara geometrik yang memiliki posisi koordinat yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di bumi.

d. Koreksi Radiometrik

Koreksi Radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau adanya kesalahan radiometrik akibat gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi pada matahari (Purwadhi, 2001). Adapun rumus yang digunakan sudah tertera pada persamaan (2.7)

e. Algoritma TSS

Dari perhitungan algoritma Ocean Color 4 yang telah dilakukan akan menghasilkan nilai TSS dari pengolahan citra. Adapun nilai TSS tersebut belum dilakukan validasi dengan hasil pengukuran TSS yang telah dilakukan di lapangan (*grond truth*).

f. *Ground Truth*

Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan data sampel sedimen atau air di Teluk Senunu serta pengambilan data titik-titik koordinat. Ground truth pada tahun 2003 – 2013 telah dilakukan oleh LIPI - Oseanografi. Untuk penghitungan sampel di laboratorium pada tahun 2003 dan tahun 2009 dilakukan oleh LIPI – Oseanografi, sedangkan pada tahun 2013 penghitungan sampel di laboratorium dilakukan oleh penulis sendiri.

g. Pemisahan daratan dan awan

Proses ini dilakukan agar citra terproses, sehingga tidak terjadi *noise* saat pengolahan TSS. Proses pertama yang dilakukan adalah melakukan pemisahan daratan, hal ini dilakukan karena daerah yang dikaji berupa lautan. Adapun pemisahan

daratan ini dilakukan dengan memasukkan rumus pemisahan daratan (lihat Persamaan 2.8). Kemudian proses selanjutnya adalah melakukan pemisahan awan. Adapun pemisahan awan ini dilakukan dengan memasukkan rumus pemisahan awan atau *clouds masking* (lihat Persamaan 2.9)

- h. Nilai TSS
Nilai TSS Adalah tahap dimana dilakukan perkalian antara hasil pemisahan daratan dan awan dengan hasil algoritma TSS.
- i. Validasi TSS
Validasi TSS ini dilakukan dengan membandingkan nilai TSS hasil pengolahan citra dengan nilai TSS hasil dari lapangan. Uji validasi biasanya menggunakan bilangan toleransi 70-80 %. Jika nilai TSS hasil pengolahan citra memenuhi toleransi sebesar 70-80 % dari hasil pengukuran TSS di lapangan, maka nilai TSS hasil pengolahan citra layak untuk digunakan.
- j. Klasifikasi Citra
Sebelum melakukan tahapan klasifikasi terlebih dahulu melakukan tahapan reklasifikasi dimana citra diklasifikasikan berdasarkan nilai TSS yang diperoleh dari penerapan algoritma. Namun dalam penggunaan persamaan algoritma, terlebih dahulu harus mengetahui kisaran (*range*) nilai hasil penerapan algoritma yang nantinya digunakan sebagai acuan untuk menentukan jumlah persamaan. Tahapan selanjutnya adalah melakukan proses interpretasi digital yang disebut dengan klasifikasi. Klasifikasi merupakan suatu proses untuk mendapatkan citra yang telah dikelompokkan dalam kelas-kelas tertentu.
- k. Analisa
Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan analisa hasil pengolahan citra berdasarkan

penerapan algoritma tertentu sehingga nantinya dapat diketahui apakah hasil dari pengolahan citra tersebut sesuai dengan nilai *TSS* di lapangan. Setelah itu melakukan analisa mengenai parameter apa saja yang mempengaruhi tinggi-rendahnya nilai *TSS*.

1. Peta spasial

Output dari penelitian ini adalah peta sebaran *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat tahun 2003, 2009, dan tahun 2013.

m. Melakukan evaluasi pola persebaran *TSS* pada tahun 2003, 2009 dan tahun 2013, faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan sebaran konsentrasi *TSS* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

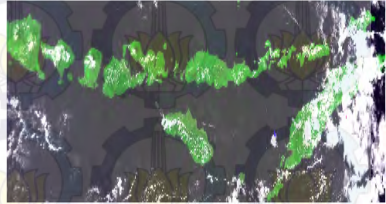
4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Pengolahan Data

a. Georeference MODIS



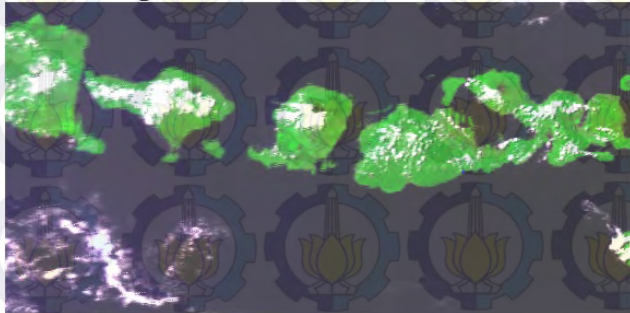
(a)



(b)

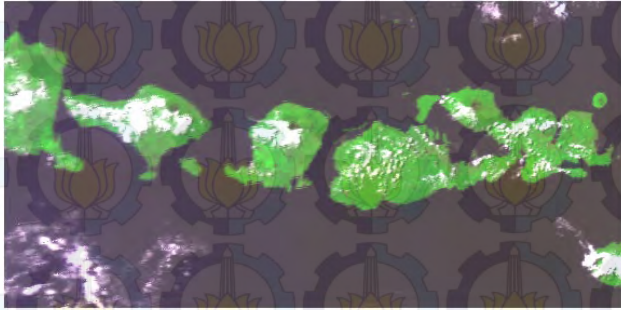
Gambar 4.1 (a) Citra Aqua Modis level 1B September 2003 sebelum *Georeference* dan (b) Citra Aqua MODIS level 1B September 2003 setelah *Georeference*

b. Pemotongan Citra



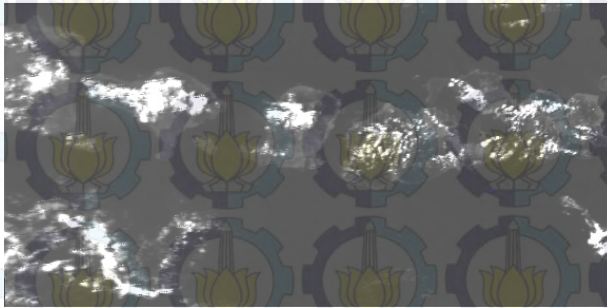
Gambar 4.2 Hasil Pemotongan Citra (*Cropping*)

c. Koreksi Geometrik



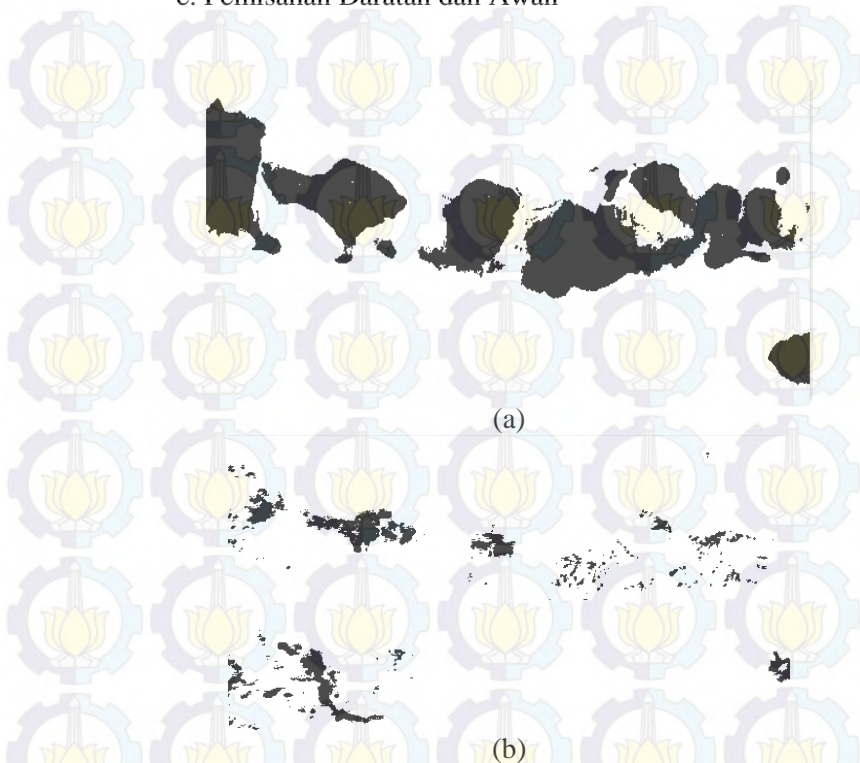
Gambar 4.3 Hasil Koreksi Geometrik pada citra Aqua MODIS

d. Koreksi Radiometrik



Gambar 4.4 Hasil Koreksi radiometrik Citra Aqua MODIS

e. Pemisahan Daratan dan Awan



Gambar 4.5 (a) Hasil Pemisahan Daratan dan (b) Hasil *Clouds Masking* (Pemisahan Awan)

Pada Gambar (b) dapat di jelaskan bahwa yang berwarna hitam merupakan awan, sedangkan yang berwarna putih adalah daerah yang bersih dari awan.

4.1.2 Koreksi Geometrik

Proses koreksi geometrik ini didapatkan dengan melakukan proses registrasi citra dengan menempatkan *GCP* sedemikian rupa hingga diperoleh kenampakan citra sesuai

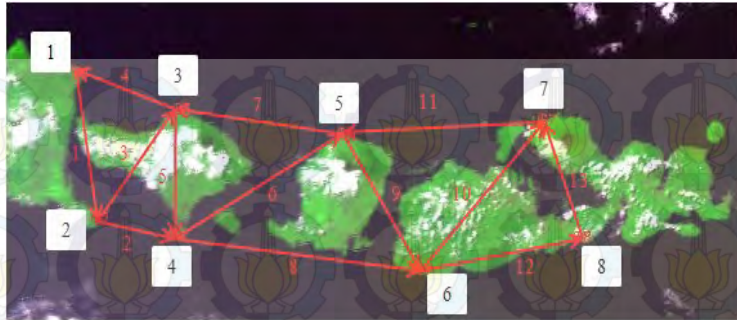
dengan posisi yang sebenarnya. Pada koreksi ini, data acuan yang di gunakan adalah peta vektor RBI skala 1:1.000.000. Untuk mengetahui Kekuatan Jaring *SoF* (*Streng of Figure*) pada suatu citra, terlebih dahulu harus mengetahui nilai *RMS Error*. *RMS Error* ini di dapatkan dari penempatan *Ground Control Point* (GCP) pada citra, sehingga menghasilkan kenampakan citra yang sesuai dengan posisi sebenarnya. Penempatan GCP pada citra Aqua MODIS ini untuk masing-masing tahun terdapat 8 titik GCP, yang penempatannya terletak dibagian tepi pulau agar mudah dikenali bentuknya. Adapun batas toleransi nilai kesalahan *RMS Error* adalah ≤ 1 , apabila nilai kesalahan *RMS Error* ≥ 1 maka proses koreksi geometrik harus diulang kembali sampai mendapatkan nilai yang sesuai. Di bawah ini adalah nilai *RMS Error* dari masing-masing citra, yaitu:

Tabel 4.1 Nilai *RMS Error* pada Citra Aqua MODIS

No.	Tahun Citra	Nilai <i>RMS Error</i>
1	2003	0,283168
2	2009	0,285971
3	2013	0,309215

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil *RMS Error* ≤ 1 piksel, sehingga hasil koreksi geometrik yang telah di lakukan sesuai dengan batas toleransi.

Setelah didapatkan nilai *RMS Error*, proses pengolahan selanjutnya adalah menghitung kekuatan jaring *Sof* pada masing-masing citra. Adapun penghitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Sebaran Titik GCP dan konfigurasi jaringan Citra Aqua MODIS Tahun 2003

Dari gambar di atas, dapat diketahui :

Jumlah Baseline : 13

Jumlah Titik : 8

N ukuran : Jumlah Baseline x 3 = $13 \times 3 = 39$

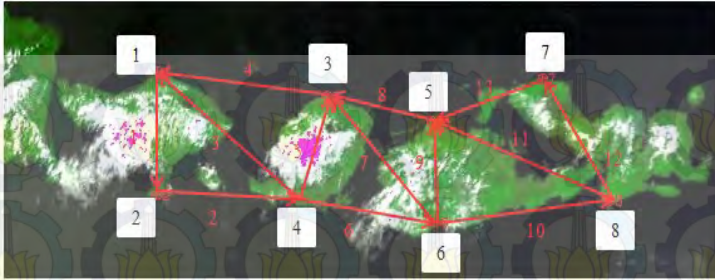
N parameter : Jumlah Titik x 3 = $8 \times 3 = 24$

u : N ukuran – N parameter = 15

Sehingga didapatkan nilai *Strength of Figure* (SoF) nya adalah sebagai berikut:

$$SoF = \frac{(Trace[A \times A^T]^{-1})}{u} = 0,1979$$

Dari hasil hitungan tersebut dapat dilihat bahwa besar nilai SoF adalah mendekati nol, sehingga desain jaringan tersebut dianggap kuat.



Gambar 4.2 Sebaran Titik GCP dan konfigurasi jaring Citra Aqua MODIS Tahun 2009

Dari gambar diatas, dapat diketahui :

Jumlah Baseline	: 13	
Jumlah Titik	: 8	
N ukuran	: Jumlah Baseline x 3	= 13 x 3 = 39
N parameter	: Jumlah Titik x 3	= 8 x 3 = 24
u	: N ukuran – N parameter	= 15

Sehingga di dapatkan nilai *Strength of Figure* (SoF) nya adalah sebagai berikut:

$$SoF = \frac{(Trace[A \times A^T]^{-1})}{u} = 0,1979$$

Dari hasil hitungan tersebut dapat dilihat bahwa besar nilai SoF adalah mendekati nol, sehingga desain jaring tersebut di anggap kuat.



Gambar 4.8 Sebaran Titik GCP dan konfigurasi jaringan Citra Aqua MODIS Tahun 2013

Dari gambar diatas, dapat diketahui :

Jumlah Baseline	: 13
Jumlah Titik	: 8
N ukuran	: Jumlah Baseline x 3 = 13 x 3 = 39
N parameter	: Jumlah Titik x 3 = 8 x 3 = 24
u	: N ukuran – N parameter = 15

Sehingga di dapatkan nilai *Strength of Figure* (SoF) nya adalah sebagai berikut:

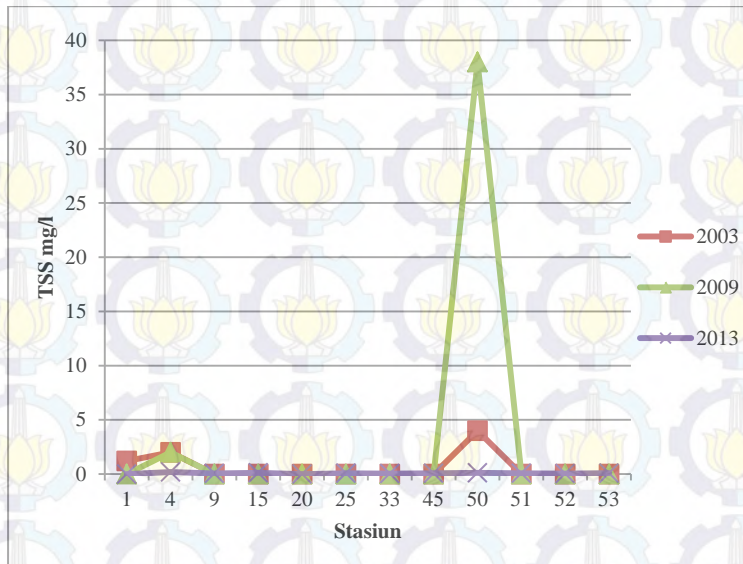
$$SoF = \frac{(Trace[A \times A^T]^{-1})}{u} = 0,2417$$

Dari hasil hitungan tersebut dapat dilihat bahwa besar nilai *SoF* adalah mendekati nol, sehingga desain jaringan tersebut di anggap kuat.

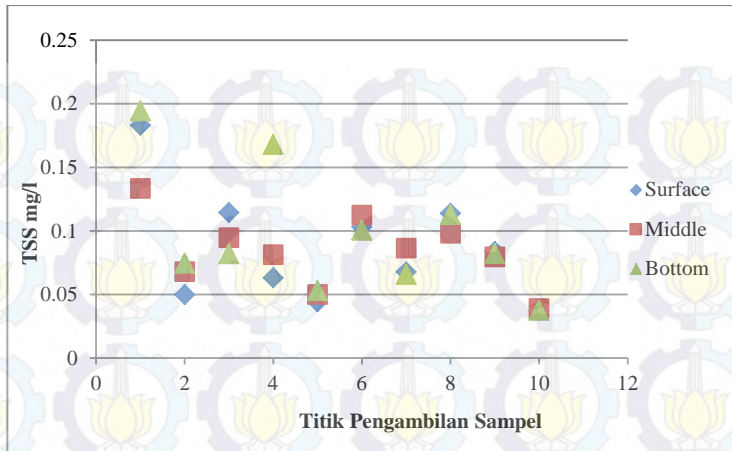
4.1.3 TSS Berdasarkan Data Lapangan

Dari data groundtruth pada tahun 2003 (lihat Tabel 4.2) dapat dilihat bahwa konsentrasi TSS yang tertinggi terletak di lapisan bawah stasiun 59 (38 mg/l), sedangkan konsentrasi TSS yang lainnya berada dibawah batas deteksi (Detection limit = 0,5 mg/l). Pada tahun 2009 (lihat Tabel 4.3) konsentrasi TSS tertinggi terletak pada lapisan tengah stasiun

4 dan stasiun 50 (4 mg/l dan 38 mg/l), sedangkan yang lainnya konsentrasi nilai berada dibawah nilai deteksi. Dibandingkan pada tahun 2003 dan tahun 2009, pada tahun 2013 ini (lihat Tabel 4.4) konsentrasi *TSS* pada semua stasiun pada umumnya berada dibawah batas deteksi. Tingginya konsentrasi *TSS* menunjukkan bahwa di daerah tersebut diduga terjadi adanya pencemaran, selain itu tingginya konsentrasi *TSS* juga dipengaruhi oleh beberapa parameter. Gambar 4.4, 4.5 menunjukkan grafik atau ilustrasi konsentrasi *TSS* pada tahun 2003, 2009 dan 2013:

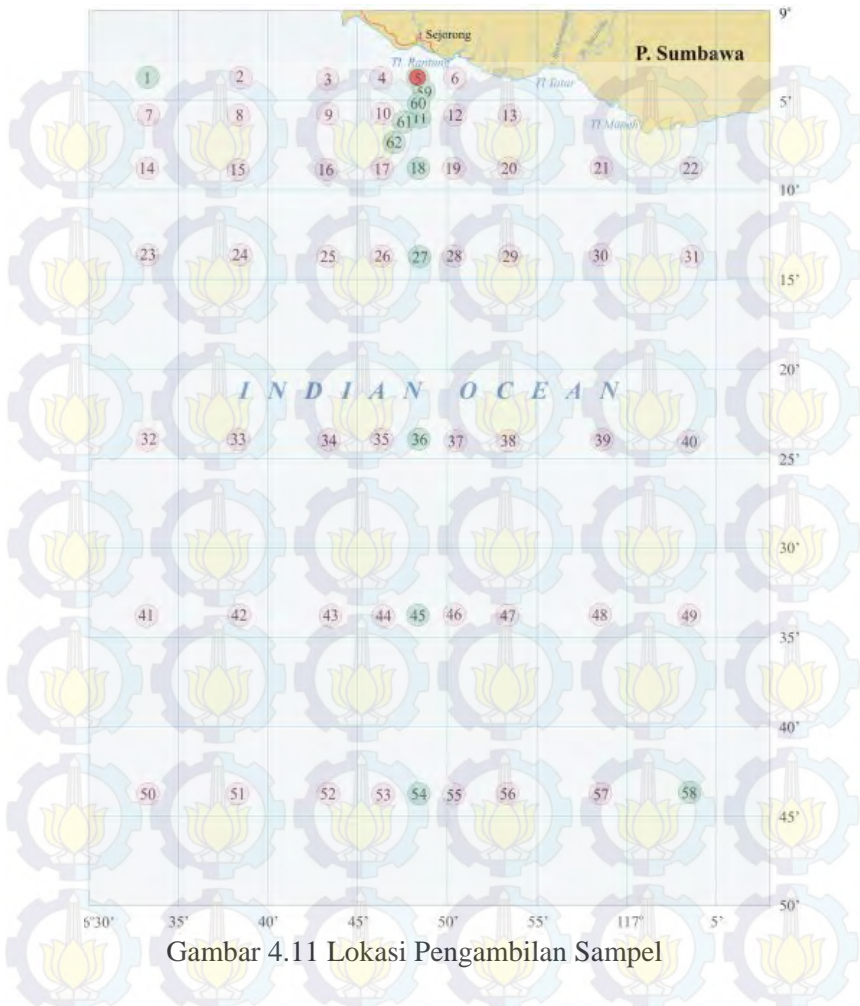


Gambar 4.9 Grafik Perbedaan Konsentrasi *TSS* di Lapangan Pada Tahun 2003, 2009, dan Tahun 2013



Gambar 4.10 Grafik Perbedaan Konsentrasi TSS di Lapangan Pada Tahun 2013

Adapun lokasi pengambilan sampel pada setiap stasiun dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



4.1.4 TSS Berdasarkan Data Citra

Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan nilai *TSS* pada citra dengan menggunakan algoritma Ocean color 4 (OC4-V4). Pada perhitungan algoritma ini menggunakan MODIS band 1 (620-670 nm) dan MODIS band 2 (841-876 nm), hal ini dikarenakan panjang gelombang pada band tersebut paling

sesuai dan dapat di gunakan untuk penelitian *TSS*. Selain itu, pada band 1 dan band 2 MODIS ini memiliki resolusi spasial yang paling bagus yaitu 250 meter sehingga di harapkan nantinya akan memberikan hasil yang lebih teliti baik secara spektral maupun spasial.

Adapun hasil dari perhitungan algoritma tersebut adalah:

Tabel 4.2 Konsentrasi *TSS* dari Pengolahan citra Aqua MODIS

No. Stasiun	Konsentrasi <i>TSS</i> (mg/l)		
	2003	2009	2013
1	0,084293	0,011400	0,072191
4	0,069851	0,009057	0,068586
9	0,072102	0,009562	0,072328
15	0,080113	0,009673	0,073078
20	0,088583	0,026650	0,074527
25	0,083768	0,015149	0,075513
27	0,088564	0,024014	0,075475
33	0,082200	0,026223	0,075767
36	0,089757	0,024695	0,073513
39	0,086417	0,030540	0,075536
40	0,085923	0,029551	0,074005
45	0,087644	0,027379	0,068614
50	0,087630	0,029865	0,067131
51	0,091934	0,028947	0,067266
52	0,088341	0,029226	0,069247

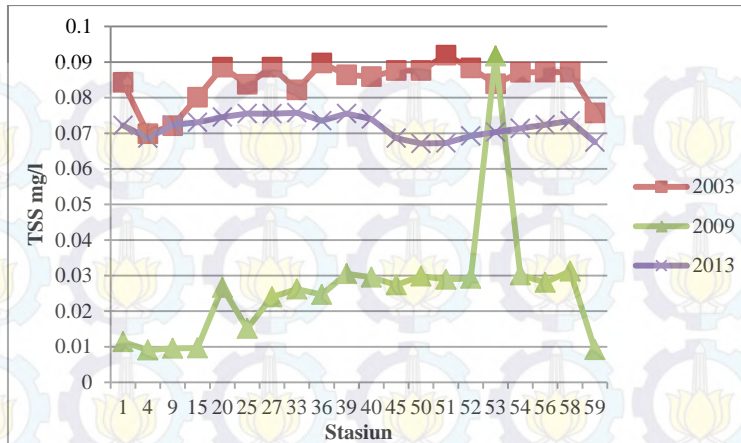
Lanjutan Tabel 4.2 Konsentrasi *TSS* dari Pengolahan citra Aqua MODIS

No. Stasiun	Konsentrasi <i>TSS</i> (mg/l)		
	2003	2009	2013
53	0,083905	0,09167	0,070326
54	0,087150	0,030162	0,071329
56	0,087191	0,028073	0,072372
58	0,087164	0,031253	0,073449
59	0,075718	0,009164	0,067480

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada tahun 2003 jika dilihat dari citra nilai tertinggi terletak di stasiun 51, sedangkan nilai terendah terletak di stasiun 4. Untuk tahun 2009 nilai tertinggi terletak di stasiun 52, dan nilai terendah terletak di stasiun 59, serta untuk tahun 2013 nilai tertinggi terletak di stasiun 33 dan nilai terendah terletak di stasiun 50. Tetapi jika dilihat secara umum, konsentrasi *TSS* pada tahun 2003, 2009 dan tahun 2013 terbilang kecil dan berada di bawah ambang batas 0,5 mg/l.

Dari tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa pada tahun 2003 konsentrasi *TSS* cenderung lebih tinggi daripada tahun 2009 dan tahun 2013. Sedangkan pada tahun 2009 secara keseluruhan konsentrasi *TSS* mengalami banyak penurunan dari tahun 2003. Untuk tahun 2013 secara keseluruhan konsentrasi *TSS* banyak yang mengalami kenaikan dari tahun 2009.

Adapun grafik mengenai konsentrasi *TSS* dari tahun 2003 - 2013 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.12 Grafik Konsentrasi TSS tahun 2003,2009 dan tahun 2013

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa tahun 2003 konsentrasi *TSS* memiliki konsentrasi yang lebih tinggi daripada pada tahun 2009 yang mengalami penurunan cukup drastis, tetapi pada tahun 2013 mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena adanya angin yang mempengaruhi pola arus, karena arus membawa banyak materi dari daratan sehingga dapat mempengaruhi tinggi-rendahnya konsentrasi *TSS*. Seperti di stasiun 4 pada tahun 2003 memiliki konsentrasi yang rendah yaitu 0,069851 kemudian pada tahun 2009 mengalami penurunan yang cukup signifikan yaitu 0,009057, tetapi pada tahun 2013 mengalami kenaikan yang cukup signifikan yaitu 0,068586. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh arus permukaan yang kuat yang membawa materi dari daratan serta letak titik stasiun yang dekat dengan daratan. Tetapi berbeda halnya yang terjadi pada stasiun 53, distasiun ini pada tahun 2003 memiliki konsentrasi sebesar 0,083905. Kemudian pada tahun 2009 mengalami sedikit kenaikan yaitu 0,09167, sedangkan pada tahun 2013 terjadi penurunan yaitu 0,070326. Hal ini juga disebabkan karena adanya pengaruh pola arus yang membawa materi dari daratan.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Perbandingan Konsentrasi TSS Antara *Ground Truth* dengan Citra Aqua MODIS Tahun 2013

Ground truth dilakukan oleh LIPI – Oseanografi pada tahun 2003, 2009, dan 2013. Pada penelitian ini, data *ground truth* yang digunakan sebagai pembanding dengan data citra yaitu data lapangan pada tahun 2013. Berikut adalah tabel perbandingan antara hasil pengolahan citra tahun 2013 dengan hasil *ground truth* :

Tabel 4.3 Konsentrasi TSS *Ground Truth* Tahun 2013 dengan Aqua MODIS

Nama Stasiun	Data Lapangan	Data Citra
4	0,183100	0,068586
9	0,049800	0,072328
15	0,114400	0,073078
25	0,063000	0,075513
33	0,044100	0,075767
39	0,103000	0,075536
45	0,067700	0,068614
50	0,113700	0,067131
51	0,062250	0,067266
52	0,037200	0,069247
53	0,081300	0,070326
56	0,083800	0,072372
59	0,054200	0,06748

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa antara konsentrasi TSS di lapangan dengan konsentrasi TSS di citra tidak sama. Ada yang memiliki perbedaan kecil (0,01-0,02 mg/l), sedang (0,03-0,04), dan besar (>0,04 mg/l). Sehingga dari tabel tersebut dapat dianalisa bahwa perbedaan antara konsentrasi

TSS di lapangan dengan konsentrasi *TSS* di citra disebabkan karena :

1. Adanya perbedaan waktu perekaman citra dengan waktu pengambilan data

Dalam penelitian ini citra yang digunakan adalah tanggal 10 November 2013 dengan waktu perekaman citra pukul 05.55. Sedangkan waktu pengambilan data di lapangan adalah tanggal 10 November 2013 pukul 09.00-11.50. Diantara selang waktu tersebut telah terjadi perubahan atau dinamika kondisi perairan yang mengakibatkan terjadinya perubahan nilai dan sebaran *TSS*.

2. Adanya pengaruh Arus dan angin

Selama selang perbedaan waktu antara perekaman citra dengan pengambilan data dilapangan, juga terjadi peristiwa – peristiwa perubahan arus dan angin yang setiap waktunya selalu mengalami perubahan. Hal inilah yang dapat mempengaruhi perubahan nilai dan sebaran *TSS*.

3. Adanya pengaruh Radiometrik

Adanya perbedaan antara konsentrasi *TSS* di lapangan dengan nilai dicitra dapat disebabkan karena adanya pengaruh radiometrik. Kondisi citra yang mendapat pengaruh dari tutupan kabut tipis (*haze*) tidak hilang meskipun telah dilakukan koreksi radiometrik.

4.2.2 Analisa Konsentrasi *TSS* berdasarkan Data Lapangan

Berdasarkan dari data tabel 3.2 (Data Lapangan Tahun 2003), dapat diketahui bahwa konsentrasi rata-rata *TSS* berada dibawah 0,5 mg/l sehingga konsentrasi di laut Senunu tergolong rendah. Tetapi tidak semua stasiun berada dibawah 0,5 mg/l. Seperti pada stasiun 1 pada kedalaman 5 meter dan kedalaman 400 meter memiliki nilai masing-masing 1,2 mg/l dan 0,8 mg/l, sehingga di stasiun tersebut konsentrasinya tergolong tinggi dibandingkan dengan stasiun yang lainnya. Stasiun 1 terletak dekat dengan daratan (lihat Gambar 4.6).

Adapun konsentrasi *TSS* tertinggi terletak di stasiun 50 pada kedalaman 400 m dengan konsentrasi *TSS* sebesar 38 mg/l. Stasiun ini terletak jauh dari daratan (lihat Gambar 4.6). Pada tahun 2003 terdapat stasiun yang konsentrasi *TSS* di daerah permukaan lebih kecil daripada di daerah tengah laut. Hal ini disebabkan adanya beberapa faktor yaitu adanya jalur vulkanik, patahan, pertemuan antar lempeng yang menyebabkan terjadinya *slope* (cekungan), dan aliran sedimentasi tailing (pembuangan limbah). Sehingga di stasiun tersebut diduga terjadi pembuangan limbah. Sedangkan untuk kedalaman 5 m dan 200 m pada stasiun 50 memiliki konsentrasi *TSS* masing-masing sebesar 4 mg/l dan 0,8 mg/l. Sehingga pada stasiun tersebut diduga terjadi adanya pembuangan limbah tetapi berdasarkan dari hasil konsentrasi *TSS* dari data lapangan tahun 2003 maka pembuangan limbah diduga paling banyak terjadi di kedalaman 400 m.

Pada tahun 2009 (lihat Tabel 3.3), Konsentrasi *TSS* yang paling tinggi terletak di stasiun 50 pada kedalaman 480 m yaitu sebesar 38 mg/l. Sehingga di stasiun tersebut diduga terjadi pembuangan limbah, karena konsentrasi *TSS* yang tinggi biasanya terletak di permukaan air yang di sebabkan adanya transport sedimen dari darat, maupun sungai.

Sedangkan pada tahun 2013 (lihat Tabel 3.4), rata-rata konsentrasi *TSS* disemua stasiun terbilang rendah (dibawah 0,5 mg/l) sehingga di daerah tersebut kualitas airnya tergolong bersih.

Pada gambar 4.9 (Grafik Perbedaan Konsentrasi *TSS* di Lapangan Pada Tahun 2003, 2009, dan Tahun 2013) dapat dianalisa bahwa pada setiap pengambilan sampel di beberapa stasiun pada tahun 2003, 2009, dan tahun 2013 sebagian besar tidak mengalami kenaikan dan penurunan atau cenderung sama. Tetapi ada beberapa stasiun yang mengalami perbedaan yang cukup signifikan seperti pada stasiun 50, stasiun ini terletak jauh dari daratan (lihat Gambar 4.6). Distasiun ini pada tahun 2003 memiliki konsentrasi *TSS* sebesar 4 mg/l,

kemudian pada tahun 2009 mengalami kenaikan yang cukup signifikan sehingga konsentrasi *TSS* distasiun tersebut adalah 38 mg/l. Sedangkan pada tahun 2013 konsentrasi *TSS* distasiun 50 ini mengalami penurunan menjadi sebesar 0,1137. Hal ini terjadi karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi seperti pola arus. Pada tahun 2009 di stasiun 50 konsentrasi *TSS* terbilang tinggi daripada stasiun yang lainnya karena adanya arus yang bergerak dari selat Alas menuju ke laut senunu, arus ini yang membawa materi dari daratan sehingga konsentrasi di stasiun 50 lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Sedangkan pada tahun 2013 mengalami penurunan yang cukup signifikan dikarenakan pola arus yang bergerak dari samudera Hindia menuju ke Laut Senunu kemudian bergerak mendekati daratan, sehingga di stasiun ini konsentrasinya rendah.

4.2.3 Klasifikasi

Proses klasifikasi ini bertujuan untuk mengelompokkan konsentrasi *TSS* ke dalam beberapa kelas/kategori. Sehingga dari masing-masing kelas/kategori tersebut mempunyai kisaran konsentrasi *TSS* tertentu. Adapun metode klasifikasi dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *tool Band Threshold to ROI* pada menu *ROI Tool*. Di bawah ini adalah tabel pembagian kelas/kategori konsentrasi *TSS*, yaitu :

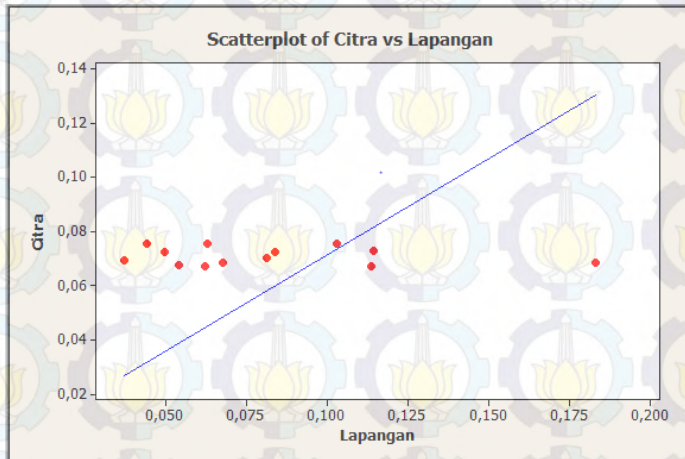
Tabel 4.4 Pembagian Kelas *TSS* (mg/l)

Kategori	Rentang Konsentrasi <i>TSS</i> (mg/l)
Rendah	0 – 100
Sedang	100 - 220
Tinggi	220 - 350

Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup
No.1, 2010

4.2.4 Uji Validasi

Konsentrasi *TSS* dari hasil pengolahan citra dengan hasil *ground truth* perlu divalidasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian hubungan antara keduanya. Untuk mengetahui kekuatan hubungan antara dua peubah yaitu hasil pengolahan citra dan data pengukuran lapangan, sehingga perlu dilakukan perhitungan korelasi. Berikut ini adalah grafik hasil perhitungan korelasi :



Gambar 4.13 Korelasi Linear tahun 2013

Uji validasi/korelasi linear ini dilakukan dengan membandingkan antara data citra dengan *ground truth*. Hal ini dilakukan untuk melihat sejauh mana kesesuaian antara data citra dengan data di lapangan. Besaran koefisien korelasi (R) menunjukkan kuat atau lemahnya hubungan. Secara umum, dapat dikatakan bahwa koefisien korelasi (R) yang besar menunjukkan hubungan yang kuat, dan sebaliknya. Hubungan antara dua variabel dikatakan kuat dan valid apabila hasil korelasi linear menunjukkan nilai $\geq 70\%$. Sebaliknya, jika nilai tidak mencapai 70%, maka hubungan kedua variabel dikatakan lemah atau tidak kuat.

Uji validasi ini menggunakan data lapangan tanggal 10 November – 26 November 2013 dengan data citra pada tanggal 10 November 2013. Adapun hasil dari uji validasi ini adalah nilai $R^2 = 81,3\%$. Untuk $RMSE$ dari uji validasi ini adalah 0,001023, dengan nilai standar deviasi (S) adalah 0,0319803, serta nilai signifikan paramater (P) adalah 0. Adapun model matematis yang dapat menjelaskan hubungan kedua data tersebut adalah :

$$Y = 0,7134 x \dots\dots\dots 4.1$$

Keterangan :

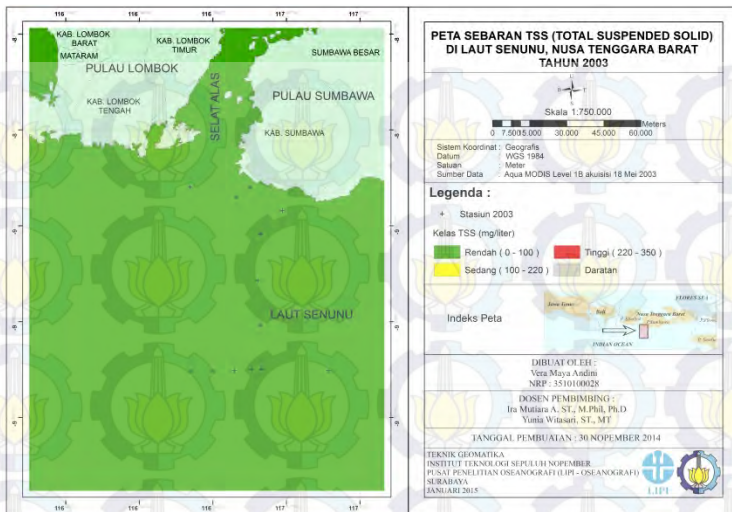
y = Konsentrasi TSS hasil pengolahan citra

x = Konsentrasi TSS hasil pengambilan data lapangan

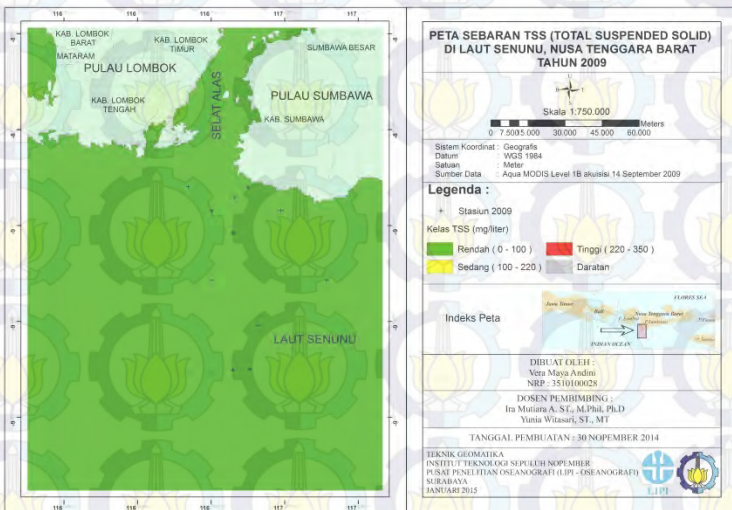
Dari hasil uji Validasi tersebut dapat diketahui bahwa kesesuaian hubungan antara data lapangan dengan data citra memiliki hubungan yang cukup kuat, karena lebih dari 70%.

4.2.5 Analisa Konsentrasi TSS

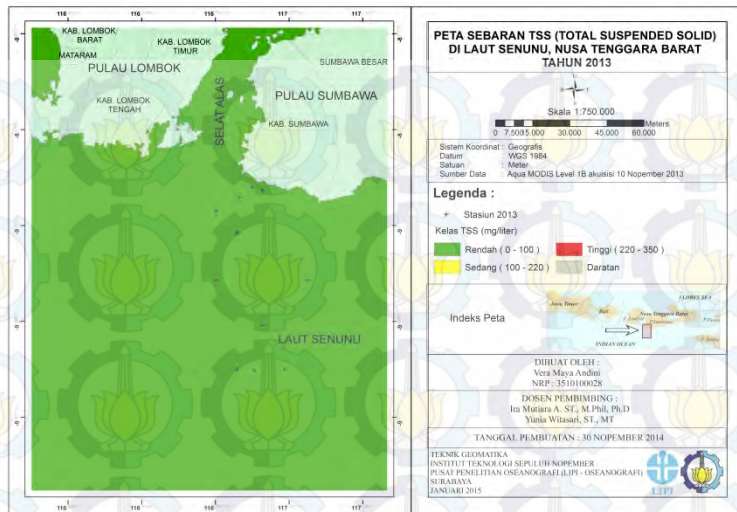
Dibawah ini adalah peta sebaran TSS mulai dari tahun 2003, 2009, dan tahun 2013, yaitu :



Gambar 4.14 Peta Sebaran Konsentrasi TSS tahun 2003



Gambar 4.15 Peta Sebaran Konsentrasi TSS Tahun 2009



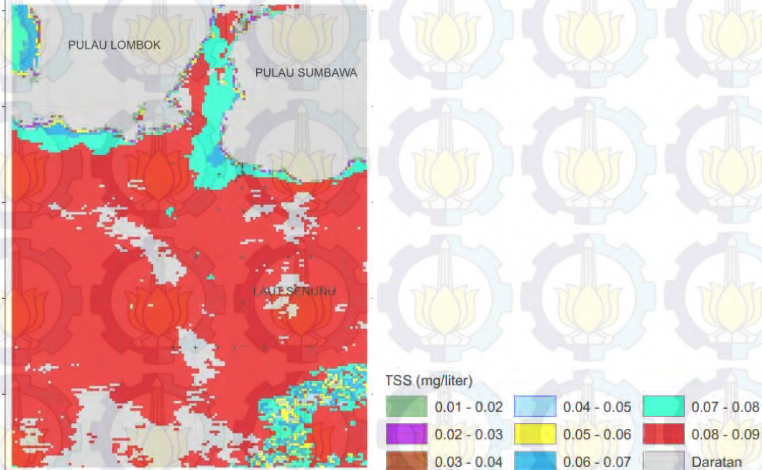
Gambar 4.16 Peta Sebaran Konsentrasi TSS tahun 2013

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2003 semua stasiun yang diambil sampel *TSS* memiliki konsentrasi yang rendah (<100 mg/l), hal ini dapat dilihat dari warna peta yang telah diklasifikasi berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.1 tahun 2010. Berdasarkan dari hasil pengambilan sampel di lapangan dan dari hasil pengolahan citra konsentrasi *TSS* disemua stasiun dibawah 100 mg/l, bahkan hampir semua stasiun memiliki konsentrasi *TSS* dibawah ambang batas deteksi ($0,05$ mg/l), hanya stasiun 50 saja yang memiliki konsentrasi *TSS* sebesar 4 mg/l. Sehingga dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa daerah perairan laut Senunu masih bersih.

Pada tahun 2009 dan tahun 2013 jika dilihat dari hasil peta sebaran konsentrasi *TSS* juga termasuk dalam kategori rendah (<100 mg/l). Sehingga daerah perairan laut Senunu tergolong bersih.

4.2.6 Analisa Persebaran TSS Secara Temporal

Dibawah ini adalah gambar sebaran *TSS* mulai dari tahun 2003, 2009, dan tahun 2013 , yaitu :



Gambar 4.17 Persebaran Konsentrasi *TSS* tahun 2003

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2003 terdapat 5 titik stasiun yang memiliki konsentrasi *TSS* di antara 0,07 – 0,08 mg/l, bahkan titik stasiun tersebut terletak di daerah pesisir pantai yang seharusnya memiliki konsentrasi *TSS* yang tinggi karena dipengaruhi oleh arus permukaan yang kuat sehingga membawa materi dari daratan yang ada di sekitar pesisir. Sedangkan titik stasiun lainnya yang terletak jauh dari daratan memiliki konsentrasi *TSS* antara 0,08 – 0,09 mg/l, jadi dapat di lihat bahwa konsentrasi *TSS* yang terletak jauh dari daratan memiliki konsentrasi *TSS* yang lebih tinggi.

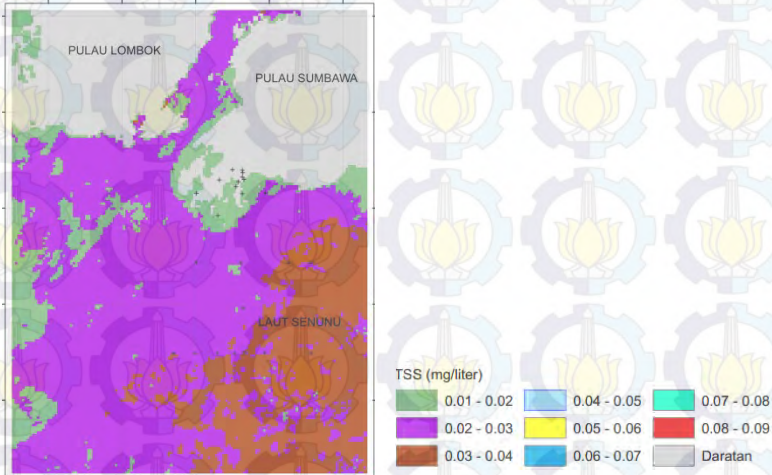
Hal tersebut dapat terjadi karena dipengaruhi oleh Adanya pengaruh arus. Daerah laut Senunu tersebut dipengaruhi oleh arus lintas Indonesia (ARLINDO). Menurut WYRTKI (1987) dalam Hasanudin (1998) menjelaskan bahawa ARLINDO atau lebih dikenal oleh para ahli Oseanografi dengan istilah “ Indonesian Through Flow”,

adalah aliran massa air antar samudera yang melewati Perairan Indonesia. Sebagai negara yang diapit oleh dua lautan besar yakni Samudera Pasifik di bagian utara dan timur laut serta Samudera Hindia di bagian selatan dan barat daya Indonesia berlaku sebagai saluran bagi aliran massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Aliran massa air ini terjadi sebagai akibat adanya perbedaan tekanan antara kedua lautan tersebut.

Pada tahun 2003 sampel *TSS* diambil pada bulan Mei-Juni sehingga pada bulan tersebut dipengaruhi oleh angin monsun Tenggara. Angin ini bertiup dari Benua Asia ke Benua Australia, sehingga mempengaruhi pola arus di daerah perairan Senunu tersebut. Arus yang mengalir dari selat alas (selat antara pulau Lombok dengan pulau Sumbawa), kemudian arus dari selat Alas tersebut membawa materi atau terjadi transport sedimen dari daratan di sekitar selat Alas hingga menuju ke laut Senunu dan ke samudra Hindia. Hal inilah yang mengakibatkan konsentrasi *TSS* di laut Senunu yang mendekati samudra Hindia nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan yang dekat dengan pesisir pantai.

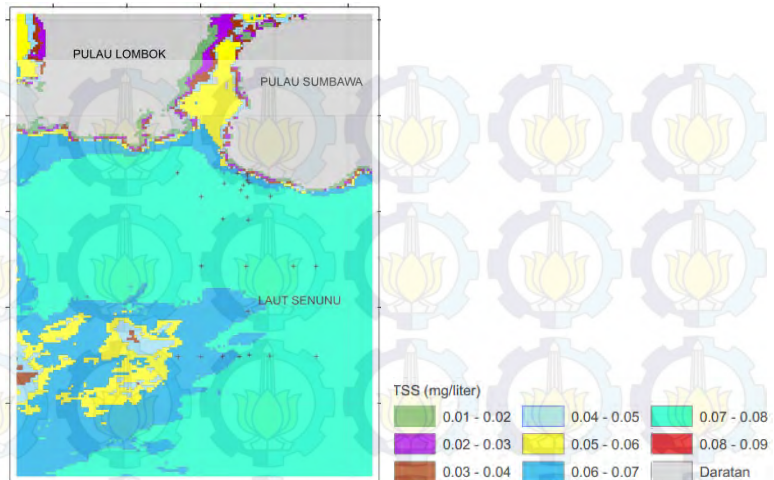
Selain itu faktor yang lainnya adalah ketika waktu pengambilan sampel bertepatan dengan adanya arus balik. Arus balik ini yang membawa materi dari daratan menuju ke laut. Arus balik ini terjadi akibat adanya gelombang yang bergerak menuju pesisir pantai atau terjadi tabrakan antara daratan pesisir pantai dengan gelombang. Dari peristiwa tersebut mengakibatkan adanya gelombang pecah, ketika dua gelombang pecah tersebut saling bertemu menyebabkan terjadinya *Longshore Current*. *Longshore Current* adalah gelombang yang sejajar dengan garis pantai. Dari peristiwa *Longshore Current* tersebut yang menyebabkan terjadinya arus balik. Sehingga konsentrasi *TSS* yang mendekati samudra Hindia nilainya lebih tinggi daripada yang dekat dengan pesisir pantai.

Dari gambar diatas juga dapat dilihat bahwa arah persebarannya menuju ke Samudera Hindia, hal ini dibuktikan dengan konsentrasi *TSS* yang lebih besar di daerah laut Senunu dekat Samudera Hindia.



Gambar 4.18 Persebaran Konsentrasi *TSS* Tahun 2009

Dari Gambar diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2009 titik stasiun yang dekat dengan daerah pesisir pantai mempunyai nilai yang lebih rendah daripada yang berada jauh dari daerah pesisir pantai yaitu diantara rentang 0,01 – 0,02 mg/l. Sedangkan daerah yang jauh dari daerah pesisir pantai konsentrasinya diantara rentang 0,02- 0,03 mg/l dan 0,03 – 0,04 mg/l. Sehingga dapat dilihat bahwa konsentrasi *TSS* di dekat daratan lebih rendah daripada yang mendekati daerah samudera Hindia. Pada tahun 2009 sampel *TSS* diambil pada Bulan September. Pada bulan tersebut juga dipengaruhi oleh angin monsun Tenggara sama seperti yang terjadi pada tahun 2003. Sehingga Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya hal tersebut sama seperti yang terjadi pada tahun 2003 yaitu disebabkan oleh adanya arus lintas Indonesia dan arus balik.



Gambar 4.19 Persebaran Konsentrasi TSS tahun 2013

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS di titik stasiun yang terletak di sekitar daerah pesisir pantai yaitu diantara rentang 0,06 – 0,07 mg/l. Sedangkan di titik stasiun yang terletak di daerah yang jauh daerah pesisir pantai ada yang konsentrasinya berada di antara rentang 0,06 – 0,07 mg/l dan berada diantara rentang 0,07 – 0,08 mg/l. Sehingga daerah yang dekat dengan daratan konsentrasinya lebih rendah daripada yang jauh dari daratan.

Pada tahun 2013 ini pengambilan sampel dilakukan pada bulan November, sehingga pada bulan tersebut dipengaruhi oleh adanya angin monsun barat. Angin ini bertiup dari benua Australia ke benua Asia, sehingga dari angin tersebut mempengaruhi pola arus. Pola arus yang terjadi pada bulan November ini mengalir dari samudera Pasifik menuju Ke samudera Hindia sampai ke laut Senunu kemudian bertemu dengan arus yang berasal dari selat Alas.

Konsentrasi TSS didekat daratan lebih rendah karena di pengaruhi oleh arus yang mengalir dari selat Alas yang membawa materi dari daratan di sekitar selat Alas kemudian

arus tersebut terus mengalir menuju ke laut Senunu. Sedangkan di dekat samudera Hindia ada yang tinggi dan rendah selain dipengaruhi oleh arus juga dipengaruhi adanya gelombang yang bergerak secara ordinal atau tidak beraturan.

4.2.7 Analisa Pengaruh Klorofil, Turbiditas, dan Arus Terhadap Nilai dan Sebaran TSS Tahun 2013

1. Klorofil

Berdasarkan hasil pengamatan klorofil-a di Laut Senunu pada bulan November di tampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.5 Konsentrasi Klorofil di Laut Senunu

Stasiun	Kedalaman	Konsentrasi Klorofil (mg/m ³)
4	Surface	2,25
	Middle	1
	Bottom	0,15
9	Surface	2
	Middle	0,25
	Bottom	0,18
15	Surface	1,25
	Middle	0,75
	Bottom	0,25
25	Surface	1
	Middle	0,50
	Bottom	0,20
33	Surface	0,75
	Middle	0,50
	Bottom	0,18
39	Surface	1
	Middle	0,25
	Bottom	0,15
45	Surface	0,50
	Middle	0,25
	Bottom	0,10
50	Surface	1,5
	Middle	0,25
	Bottom	0,25
51	Surface	0,30
	Middle	0,50

Lanjutan Tabel 4.5 Konsentrasi Klorofil di Laut Senenu

Stasiun	Kedalaman	Konsentrasi Klorofil (mg/m ³)
51	Bottom	0,50
52	Surface	0,25
	Middle	0,55
	Bottom	0,50
53	Surface	0,28
	Middle	0,53
	Bottom	0,53
56	Surface	0,50
	Middle	0,20
	Bottom	0,15
59	Surface	0,75
	Middle	1
	Bottom	0,20

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa secara umum konsentrasi klorofil di Laut Senenu pada bulan November 2013 berada pada kisaran konsentrasi sangat rendah sampai tinggi untuk perairan oseanik yaitu berkisar antara 0,02-2,51 mg/m³ dari lapisan permukaan sampai kedalaman 200 m. Secara spasial konsentrasi klorofil-a yang tinggi cenderung di temukan pada perairan yang dekat dengan daratan dan semakin ke laut konsentrasinya semakin rendah terutama pada lapisan permukaan sampai kedalaman 75m. Sedangkan pada lapisan di bawahnya (100 – 200 m), sebaran horizontal klorofil cenderung homogen dengan konsentrasi yang rendah. Di bawah ini adalah uji regresi linear terhadap konsentrasi *TSS* :

Tabel 4.6 Uji Regresi Klorofil terhadap *TSS*

<i>Regression Statistics</i>	
<i>Multiple R</i>	0,609919617
<i>R Square</i>	0,372002939
<i>Adjusted R Square</i>	0,314911206
<i>Standard Error</i>	0,03286902
<i>Observations</i>	13

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa berdasarkan pada tabel perhitungan nilai regresi antara parameter *TSS* dan klorofil-a didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2)

sebesar 37,2% dengan nilai signifikan parameter (P) adalah 0,018494 dan nilai *RMSE* adalah 0,00704. Sehingga berdasarkan dari hasil tersebut hubungan antara keduanya cukup lemah. Hal ini berarti di daerah perairan tersebut tingginya nilai klorofil tidak bisa dijadikan tolak ukur untuk menduga konsentrasi *TSS*. Contoh (lihat Tabel 3.4) pada stasiun 56 konsentrasi *TSS* di daerah permukaan adalah 0,0838 sedangkan konsentrasi klorofil di stasiun tersebut adalah 0,50. Dari contoh tersebut dapat diketahui bahwa apabila konsentrasi *TSS* rendah maka nilai konsentrasi klorofilnya tinggi.

Hal ini dikarenakan di daerah tersebut merupakan wilayah daerah penangkapan ikan, dan klorofil merupakan produsen primer bagi ekosistem di laut. Sedangkan *TSS* merupakan material yang halus dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas saring berukuran 0,042 mm. Sehingga apabila Konsentrasi *TSS* di suatu daerah perairan itu semakin tinggi, maka di daerah perairan tersebut diduga terjadi pencemaran. Dan apabila konsentrasi Klorofil di suatu daerah tinggi maka di daerah tersebut kualitas airnya masih bersih.

2. Kekeruhan (*Turbidity*)

Menurut Nutijen (2007) dalam Dirhamsyah, dkk. (2013), menjelaskan bahwa kekeruhan itu menggambarkan sifat optik yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan anorganik yang tersuspensi dan terlarut maupun bahan organik yang berupa plankton dan mikro organisme lain. Kekeruhan berkorelasi dengan jumlah dari butir-butir zat yang tersuspensi dan terlarut dalam air. Bahan yang menyebabkan air menjadi keruh

antara lain, tanah liat, endapan (lumpur), zata organik dan bukan organik yang terbagi dalam butir-butir halus, campuran warna organik yang bisa di larutkan, plankton, jasad renik.

Dibawah ini adalah uji regresi linear terhadap konsentrasi TSS :

Tabel 4.7 Uji Regresi kekeruhan terhadap TSS

<i>Regression Statistics</i>	
<i>Multiple R</i>	0,95867
<i>R Square</i>	0,919049
<i>Adjusted R Square</i>	0,910054
<i>Standard Error</i>	66,75745
<i>Observations</i>	13

Dari tabel diatas dapat di ketahui bahwa berdasarkan pada tabel perhitungan nilai regresi antara parameter TSS dan turbiditas didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 91,90 % dengan nilai signifikan parameter (P) adalah 2,67 dan nilai *RMSE* adalah 0. Sehingga berdasarkan dari hasil tersebut hubungan antara keduanya sangat kuat.

Hal ini berarti kekeruhan (*turbidity*) dapat dijadikan tolak ukur untuk menduga konsentrasi TSS. Apabila nilai kekeruhan di daerah perairan itu semakin tinggi maka semakin tinggi pula konsentrasi TSS di daerah tersebut.

3. Arus

Menurut Wyrтки (1961) dalam Dirhamsyah, dkk.(2013), menjelaskan secara khusus bahwa arus permukaan perairan di Indonesia sangat dipengaruhi oleh angin Muson Tenggara pada bulan Juli hingga Agustus. Pada musim ini arah arus permukaan bergerak dari timur ke barat, sedangkan pada Bulan November sampai februari di

belahan bumi bagian selatan bertiup Angin Muson Barat Laut yang mengakibatkan angin permukaan bergerak ke arah timur.

Selama penelitian yang dilakukan pada bulan November 2013, arus permukaan di wilayah penelitian mengalir dari arah selatan barat daya menuju ke arah pesisir perairan cekungan ngarai Senunu (dari samudra Pasifik ke samudra Hindia). Arus ini kemudian membelok ke arah Timur di perairan dengan kontur dasar perairan yang lebih dangkal, kemudian sebagian besar mengalir ke timur. Hal inilah menyebabkan sebaran Konsentari TSS di Laut Senunu di daerah pesisir pantai konsentrasinya lebih rendah, dibandingkan yang jauh dari daerah pesisir pantai.



Gambar 4.20 Skematik Arus Lintas Indonesia, Arus Samudera Hindia dengan Arus Teddies dan arus Leeuwin (Sumber : Nof, D., T.Pichevin and J. Sprintall, 2002)

Pengaruh arus yang mengalir dari mulut Selat Alas juga relatif tinggi, di samping itu arus ini juga membawa materi yang nantinya berpengaruh terhadap tingginya konsentrasi TSS. Arus ini mengalir ke Selatan akibat desakan dari arus yang berasal dari barat laut kemudian mengalir ke arah Tenggara bergabung dengan arus yang berasal dari barat daya dan kemudian mengalir ke Timur bergabung dengan arus yang berasal dari barat daya.

Selain itu dijumpai arus yang berasal dari arah barat laut yang sebagian mengalir ke perairan cekungan ngarai Senunu mendesak arus yang berasal dari selat Alas dan dari arah barat Daya ke arah Timur, sebagian lagi mengalir ke Barat Daya akibat dari pertemuan ketiga arus ini.

Arus-arus yang lain adalah arus yang mengalir ke barat daya di perairan pesisir timur Sumbawa. Arus ini kemungkinan besar mengalir di sepanjang pesisir Sumbawa hingga di perairan cekungan ngarai Senunu kemudian di belokkan ke arah Timur dan bergabung dengan arus yang berasal dari barat daya, Selat Alas, dan dari arah barat laut.

Menurut Nof, D., T.Pichevin and J. Sprintall (2002) dalam Dirhamsyah, dkk.(2013), menjelaskan bahwa ada beberapa arus yang berpengaruh besar, yang terjadi terhadap pergerakan massa air di perairan cekungan ngarai sununu, antara lain arus Khatulistiwa Selatan (AKS), Arus lintas Indonesia yang berasal dari perairan utara Indonesia yang mengalir melalui selat Alas, arus moonsun dan arus Pantai Jawa (APJ). Selain itu tambahan pula dari arus pusar Teddies dan Leuwin current yang terjadi akibat pertemuan antara arus – arus tersebut.

Berdasarkan data yang diperoleh pada bulan November, ada 4 komponen arus yang mengalir di perairan Selatan Sumbawa. Arus yang mengalir dari arah barat daya menuju ke timur laut kemungkinan besar adalah arus khatulistiwa selatan (*South Equator Current*) yang selalu mengalir ke arah barat kemudian berbelok ke arah timur laut menuju ke

pesisir Sumbawa. Sedangkan arus yang mengalir dari arah barat ke laut ke timur adalah arus Pantai Jawa (*South Java Current*) yang mengalir sepanjang pesisir Jawa hingga ke Perairan Senunu. Kemudian arus yang mengalir dari arah utara, dari Selat Alas merupakan arus akibat dari ARLINDO dan yang terakhir adalah arus yang mengalir dari arah timur yang mengalir sepanjang pesisir Timur pulau Sumbawa.

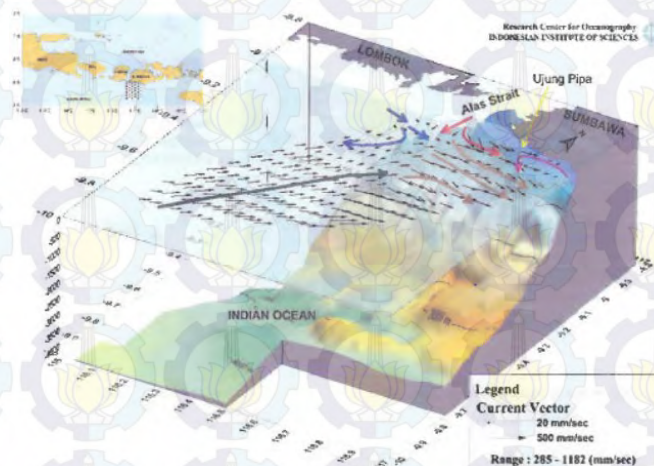
Kecepatan arus masing-masing komponen mencapai 1084 mm/sec di perairan barat daya Sumbawa, yang diidentifikasi sebagai Arus Kahatuli-tiwa Selatan (*South Equatorial Current*), mencapai 305 mm/sec untuk Arus Pantai Jawa, mencapai 1182 mm/sec untuk ARLINDO dan mencapai 411 untuk *counter current*.

Arus permukaan yang terjadi pada umumnya digerakkan oleh stress angin yang bekerja pada lapisan permukaan. Angin monsoon ini cenderung mendorong lapisan permukaan air dalam arah gerakan angin menuju, tetapi karena pengaruh rotasi bumi atau pengaruh gaya coriolis, arah arus tidak selalu sama dengan arah angin akan tetapi dibelokkan ke arah kanan di belahan bumi utara dan arah kiri di belahan bumi selatan. Karena dipengaruhi oleh empat arus tersebut menyebabkan persebaran TSS di Laut Senunu di daerah pesisir pantai konsentrasi TSS terbilang tinggi dan semakin menuju ke daerah yang jauh dari daerah pesisir pantai konsentrasi TSS semakin rendah.

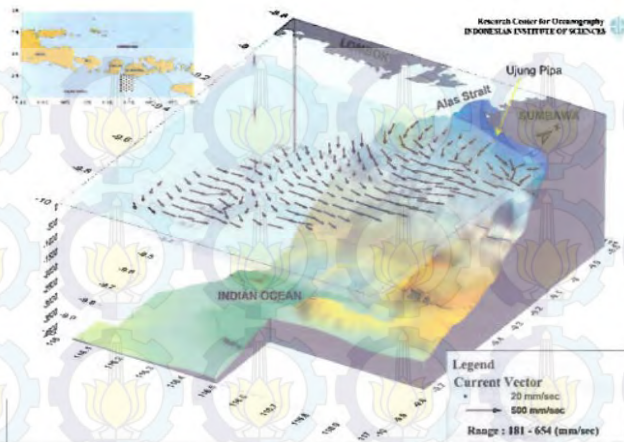
Berbeda dengan arus permukaan yang sebagian besar di pengaruhi oleh pola angin, arus di perairan dalam di dominasi oleh arus termohalin. Arus ini terutama di akibatkan oleh gradient tekanan yang merupakan fungsi dari kepadatan atau densitas akibat adanya perbedaan suhu, salinitas dan kedalaman air. Arah arus tersebut bergerak dari gradien tekanan yang lebih tinggi. Oleh karena secara horizontal perbedaan salinitas relatif kecil sehingga gradien tekanan terutama diakibatkan oleh adanya perbedaan suhu.

Arus bergerak dari massa air yang bersuhu lebih dingin yang menyebabkan gradien tekanan yang lebih tinggi ke massa air yang lebih hangat. Arus pada kedalaman 1000m, 2000m, dan 3000m, yang mewakili arus dekat dasar, bergerak dari arah tenggara mengalir ke barat kemudian ke arah selatan ke Lombok Basin.

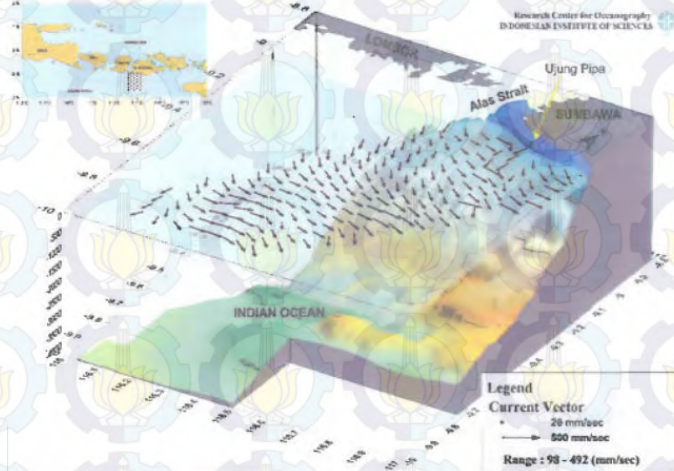
Kecepatan arus yang terukur relatif rendah, maksimum 26; 26,3 dan 18,3 mm/sec masing-masing pada kedalaman 1000 m, 2000 m, dan 3000 m. Arah arus pada kedalaman ini di samping mengikuti gradien tekanan tinggi menuju ke gradien tekanan yang lebih rendah juga mengikuti kontur dasar perairan. Pergerakan arus di perairan dalam, terutama di dekat dasar perairan walaupun lemah, merupakan alat transportasi utama menuju ke perairan yang lebih dalam. Massa air bergerak mengikuti lembah-lembah yang ada di dasar perairan hingga Lombok Basin.



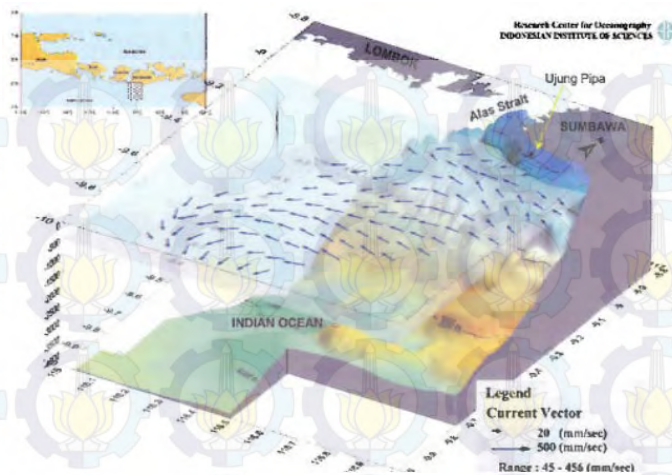
Gambar 4.21 Sebaran Spasial Arus Permukaan secara 3 Dimensi di Perairan Samudra Hindia, Selatan Sumbawa, November 2013



Gambar 4.22 Sebaran Spasial Arus secara 3 Dimensi di Kedalaman 120 m Perairan Samudra Hindia, Selatan Sumbawa, November 2013



Gambar 4.23 Sebaran Spasial Arus secara 3 Dimensi di Kedalaman 150 m Perairan Samudra Hindia, Selatan Sumbawa, November 2013



Gambar 4.24 Sebaran Spasial Arus secara 3 Dimensi di Kedalaman 500 m Perairan Samudra Hindia, Selatan Sumbawa, November 2013



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian studi persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* menggunakan citra Aqua MODIS, dapat disimpulkan bahwa:

1. Persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* secara temporal dari tahun 2003-2013 secara umum konsentrasi *TSS* terbilang rendah yaitu <100 mg/l dan berada dibawah ambang batas deteksi (0,5 mg/l).
2. Persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* berdasarkan data *ground truth* dari tahun 2003-2013, secara umum konsentrasi *TSS* terbilang rendah hanya sebagian stasiun yang memiliki konsentrasi *TSS* yang tinggi. Konsentrasi *TSS* tertinggi terjadi pada tahun 2003 dengan rata-rata konsentrasi antara 0,5 – 38 mg/l. Dengan lokasi yang memiliki konsentrasi *TSS* tertinggi berada di stasiun 50 (terletak jauh dari daratan dekat samudera Hindia) pada kedalaman 400 m yaitu sebesar 38 mg/l. Sedangkan konsentrasi *TSS* terendah terjadi pada tahun 2013 dengan rata-rata konsentrasi antara 0,06 – 0,1 mg/l. Dengan lokasi yang memiliki konsentrasi *TSS* terendah berada pada permukaan di stasiun 52 (terletak jauh dari daratan dekat samudera Hindia) yaitu sebesar 0,0372 mg/l. Persebaran konsentrasi *TSS* pada tahun 2003-2013 tidak merata pada setiap stasiun hal ini disebabkan adanya faktor-faktor yang mempengaruhi seperti arus permukaan, angin, waktu pengambilan data dan kondisi fisik perairan.
3. Adapun hubungan antara data *ground truth* dan pengolahan citra pada penelitian ini menggunakan metode korelasi linear. Korelasi linear nilai *TSS* antara citra Aqua MODIS dan data *ground truth* adalah sebesar

81,3%. Artinya kedua data tersebut memiliki hubungan yang cukup kuat.

4. Berdasarkan dari hasil peta sebaran TSS dari tahun 2003,2009, dan 2013 dapat disimpulkan bahwa kualitas air di laut Senunu tergolong bersih.

5.2 Saran

1. Pengambilan data lapangan (*ground truth*) sebaiknya memiliki jangka waktu yang tidak terlalu jauh atau sesuai dengan waktu pengambilan data lapangan sehingga diperoleh tingkat ketelitian hasil yang lebih baik.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya memilih algoritma yang sesuai dengan citra dan keadaan perairan di Indonesia.
3. Dalam melakukan uji validasi sebaiknya pilih metode yang sesuai dengan penelitian, sehingga didapatkan hubungan atau korelasi yang kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. Final Report Deep Sea Research at Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa, Indian Ocean LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat May, June, and October 2003. Jakarta : LIPI – Oseanografi.
- Anonim. 2010. Final Report Deep Sea Research at Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa, Indian Ocean LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat May, June, and October 2009. Jakarta : LIPI – Oseanografi.
- Arisauna, M.P. 2008. Analisa Sedimentasi Selat Madura Akibat Pembuangan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Satelit Terra/Aster. Surabaya : Tugas Akhir Teknik Geomatika.
- Azis, M. Furqon. 2006. Gerak Air di Laut. Oseana, Volume XXXI, Nomor 4, 9-21
- Bambang Triatmodjo. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta.
- Basmi, J. 1995. Planktonologi (Produksi Primer). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor
- Budiman, S., 2004. Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia. Master Thesis, Geo-Information Science and Earth Observation, ITC, Enschede the Netherland.
- Budiman, S., 2005. Pemetaan Sebaran Total Suspended Matter (TSM) Menggunakan Data ASTER dengan Pendekatan Bio-Optical Model. Prosiding PIT MAPIN XIV 'Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa'. Jilid III. Teknologi Informasi Spasial, Surabaya.
- Clescerl, Leonore S.(Editor), Greenberg, Arnold E.(Editor), Eaton, Andrew D. (Editor). 1905. Standard Methods for

- the Examination of Water and Wastewater (20th ed.)
American Public Health Association, Washington, DC.
- Danoedoro, Projo. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital.
Yogyakarta: Andi.
- Dikunjungi pada tanggal 1 Januari 2015, jam 09.15.
- Dirhamsyah, dkk. 2013. Final Report Deep Sea Research at
Senunu Canyon, Lombok Basin, South West Sumbawa,
Indian Ocean LIPI – Oseanografi di Laut Senunu, Nusa
Tenggara Barat 2013. Jakarta : LIPI – Oseanografi.
- Draper, Norman dan Smith, Harry. 1992. Analisis Regresi
Terapan. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Guzman dan Santaella. 2009. Using Modis 250m Imagery to
Estimate Total Suspended Sediment in a Tropical Open
Bay. International Journal of System Application,
Engineering dan Development.
- Hasanudin, M. 1998. Arus Lintas Indonesia (ARLINDO).
Oseana, Volume XXIII, Nomor 2, 1-9.
- Hermawan, D.M. dkk. 2012. Analisis Distribusi Total Suspended
Matter dan Klorofil-A Menggunakan Citra Terra Modis
Level 1B. Semarang : Tugas Akhir Teknik Geodesi
Universitas Diponegoro.
- Hias, Chasanah P. 2011. Studi Persebaran Konsentrasi Muatan
Padatan Tersuspensi Menggunakan Citra Satelit Terra
Modis di Selat Madura. Surabaya : Tugas Akhir Teknik
Geomatika ITS.
- Hidayat, Syamsul dkk. 2013. Variabilitas Suhu di Perairan
Senunu, Sumbawa Barat Temperature Variability at
Senunu Bay, West Sumbawa .Bogor : Departemen Ilmu
dan Teknologi Kelautan FPIK-IPB.
- Inayatillah, Atiyya. 2010. Dampak lingkungan penempatan tailing
di dasar laut oleh PT.Newmoont Nusa Tenggara. Mata
kuliah Analisis mengenai dampak lingkungan.
- Khomsin. 2006. Prediksi Laju Sedimentasi di Teluk Lamong
Dengan Data Citra Satelit Multitemporal. Surabaya :
Program Studi Teknologi Kelautan ITS.

Krisna, Trismono C. 2013. Analisa Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Satelit Aster, Alos, dan SPOT-4 Tahun 2005-2012 (Studi kasus : Muara Kali Porong dan Sekitarnya). Surabaya : Tugas Akhir Teknik Geomatika ITS.

Lestari, Indah Budi. 2009. Pendugaan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan Transparansi Perairan Teluk Jakarta dengan Citra Satelit Landsat. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation. New York. John Wiley&Son, Inc.

Lukisworo, Bambang. 2011. Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri.

Mayasari, Ratna. 2010. Analisis Sedimentasi Pantai Surabaya-Sidoarjo Pasca Pembangunan Jembatan Suramadu dan Peristiwa LAPINDO Menggunakan Citra Satelit SPOT-4. Surabaya : Teknik Geomatika – ITS.

Miller, L.R dan Mckee, Brent. 2004. Using MODIS Terra 250 m Imagery to Map Concentrations of total Suspended Matter in Coastal Waters. USA : Remote Sensing of Environment.

NASA. 2005. Spesifikasi Citra MODIS, <URL : <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>>.

Nining, S. N. 2002. Oseanografi Fisis. Kumpulan Tranparasi Kuliah Oseanografi Fisika. Program Studi Oseanografi, ITB.

Nof, D., T.Pichevin and J. Sprintall, 2002 : Teddies and the Origin of the Leeuwin Current J. Phys. Oceanography., 32, (9), 2571-25.

NSDIC. 2007. Satelit Aqua MODIS, <URL : http://nsidc.org/data/docs/daac/aqua_platform.gd.html>. Dikunjungi pada tanggal 1 Januari 2015, jam 09.35

Nurjati dan Handayani. 2008. Penginderaan Jauh Untuk Estimasi Kandungan TSS di Wilayah Pantai Timur Surabaya

- Akibat Pembuangan Lumpur Lapindo. Surabaya : Program Studi Teknik Geomatika ITS.
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo, dan S. Sukardjo. Jakarta: Gramedia
- Peraturan Menteri Negeri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Pethick, J. 1984. An Introduction Geomorphology. Chapman and Hall. USA. 245 hlm.
- Priyanto, S.B. 2006. Evaluasi Distribusi Sedimen di Wilayah Selat Madura Menggunakan Citra Landsat Multitemporal. Surabaya : Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi.
- Purwadhi, F. H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Rusdi, Andi. 2010. Analisis Regresi. Surabaya.
- Reilly O, Moritorena JES, Mitchell BE, Siegel DA, Cardel KL, Garver SA. 1998. Ocean Color Chlorophyll-a Algorithms for Sea WIFS, OC-2 and OC-4. NASA Boddord Space Flight Center. Hlm 9-23.
- Sitanggang, G. 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). Berita Dirgantara 11, 2, 47-58.
- Solihuddin, Tb. 2009. Pemanfaatan Citra Landsat Multitemporal Untuk Memantau Konsentrasi Total Padatan Tersuspensi DiPerairan Delta Cimanuk, Jawa Barat. Jakara : Pusat Riset Wilayah Lautdan Sumber Daya Non-Hayati, BRK-DKP.
- Sukowati. 2009. Pemanfaatan Data Modis untuk Mengukur Suhu Permukaan Bumi dalam Rangka Pemantauan Pemanasan Global. Jakarta: Tugas akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Supardi, Dyes dkk. 2002. Pembebasan Hak Yang Tersandera Pergulatan Pengelolaan Sumber Daya Hutan Sumbawa. Sumbawa : Pemda Sumbawa.

Surinati, Dewi. 2007. Pasang Surut dan Energinya. Oseana, Volume XXXII, Nomor 1, 15-22.

Susiati, Heni dkk. 2010. Pola Sebaran Sedimen Tersuspensi Melalui Pendekatan Penginderaan Jauh Di Perairan Pesisir Semenanjung Muria-Jepara. Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah 13,1.

Thoha, Siddik A. 2008. Karakteristik Citra Satelit. Sumatera Utara : Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian.

Triatmojo, B. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta : Beta Offset.

USGS. 2011. Pembagian Kanal Band pada MODIS, <URL : https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table/modis_overview> Dikunjungi pada tanggal 1 Januari 2015, jam 09.45.

Walpole. 1995. Pengantar Statistika. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

WYRTKI K. 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. Naga Report 2. Scripps Inst. Of Oceanography.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

Perhitungan *Strength of Figure* (SoF)

Dibawah ini adalah perhitungan *Strength of Figure* (SoF) pada citra Aqua MODIS Level 1B dari tahun 2003, 2009, dan tahun 201, yaitu :



Gambar 1. Sebaran GCP dan Desain Jaring Aqua MODIS Level 1B tahun 2003

Jumlah Baseline	:	13
Jumlah Titik	:	8
N ukuran	:	Jumlah Baseline x 3 = 13 x 3 = 39
N parameter	:	Jumlah Titik x 3 = 8 x 3 = 24
u	:	N ukuran – N parameter = 15

Persamaan :

No.	Persamaan	No.	Persamaan
1.	$V_1 + B_1 = X_2 - X_1$	8.	$V_8 + B_8 = X_6 - X_4$
2.	$V_2 + B_2 = X_4 - X_2$	9.	$V_9 + B_9 = X_6 - X_5$
3.	$V_3 + B_3 = X_3 - X_2$	10.	$V_{10} + B_{10} = X_7 - X_6$

No.	Persamaan	No.	Persamaan
4.	$V_4 + B_4 = X_3 - X_1$	11.	$V_{11} + B_{11} = X_7 - X_5$
5.	$V_5 + B_5 = X_4 - X_3$	12.	$V_{12} + B_{12} = X_8 - X_6$
6.	$V_6 + B_6 = X_5 - X_4$	13.	$V_{13} + B_{13} = X_8 - X_7$
7.	$V_7 + B_7 = X_5 - X_3$		

Dari persamaan diatas, didapatkan persamaan sebagai berikut:

No.	Persamaan	No.	Persamaan
1.	$V_1 = X_2 - X_1 - B_1$	8.	$V_8 = X_6 - X_4 - B_8$
2.	$V_2 = X_4 - X_2 - B_2$	9.	$V_9 = X_6 - X_5 - B_9$
3.	$V_3 = X_3 - X_2 - B_3$	10.	$V_{10} = X_7 - X_6 - B_{10}$
4.	$V_4 = X_3 - X_1 - B_4$	11.	$V_{11} = X_7 - X_5 - B_{11}$
5.	$V_5 = X_4 - X_3 - B_5$	12.	$V_{12} = X_8 - X_6 - B_{12}$
6.	$V_6 = X_5 - X_4 - B_6$	13.	$V_{13} = X_8 - X_7 - B_{13}$
7.	$V_7 = X_5 - X_3 - B_7$		

Dari persamaan diatas, dapat dituliskan matriks yang didapatkan dari persamaan umum:

$$V = AX - B$$

Dimana :

V = Matriks residu

A = Matriks desain

B = Baseline

X = *Ground Control Point (GCP)*

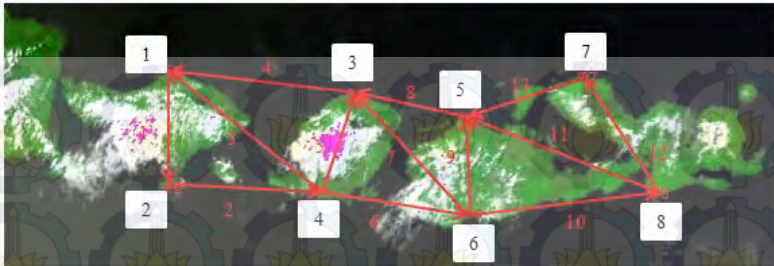
$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \\ V_9 \\ V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \\ V_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \\ B_6 \\ B_7 \\ B_8 \\ B_9 \\ B_{10} \\ B_{11} \\ B_{12} \\ B_{13} \end{bmatrix}$$

Sehingga di peroleh matriks desain sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Sehingga di dapatkan nilai *Strength of Figure* (SoF) nya adalah sebagai berikut:

$$SoF = \frac{(Trace[A \times A^T]^{-1})}{u} = 0,1979$$



Gambar 2. Sebaran GCP dan Desain Jaringan
Aqua MODIS Level 1B tahun 2009

Jumlah Baseline : 13
 Jumlah Titik : 8
 N ukuran : Jumlah Baseline x 3 = 13 x 3 = 39
 N parameter : Jumlah Titik x 3 = 8 x 3 = 24
 u : N ukuran - N parameter = 15

Persamaan :

No.	Persamaan	No.	Persamaan
1.	$V_1 + B_1 = X_2 - X_1$	8.	$V_8 + B_8 = X_5 - X_3$
2.	$V_2 + B_2 = X_4 - X_2$	9.	$V_9 + B_9 = X_6 - X_5$
3.	$V_3 + B_3 = X_4 - X_1$	10.	$V_{10} + B_{10} = X_8 - X_6$
4.	$V_4 + B_4 = X_3 - X_1$	11.	$V_{11} + B_{11} = X_8 - X_5$
5.	$V_5 + B_5 = X_4 - X_3$	12.	$V_{12} + B_{12} = X_8 - X_7$
6.	$V_6 + B_6 = X_6 - X_4$	13.	$V_{13} + B_{13} = X_7 - X_5$
7.	$V_7 + B_7 = X_6 - X_3$		

Dari persamaan diatas, didapatkan persamaan sebagai berikut:

No.	Persamaan	No.	Persamaan
1.	$V_1 = X_2 - X_1 - B_1$	8.	$V_8 = X_5 - X_3 - B_8$
2.	$V_2 = X_4 - X_2 - B_2$	9.	$V_9 = X_6 - X_5 - B_9$
3.	$V_3 = X_4 - X_1 - B_3$	10.	$V_{10} = X_8 - X_6 - B_{10}$
4.	$V_4 = X_3 - X_1 - B_4$	11.	$V_{11} = X_8 - X_5 - B_{11}$
5.	$V_5 = X_4 - X_3 - B_5$	12.	$V_{12} = X_8 - X_7 - B_{12}$
6.	$V_6 = X_6 - X_4 - B_6$	13.	$V_{13} = X_7 - X_5 - B_{13}$
7.	$V_7 = X_6 - X_3 - B_7$		

Dari persamaan diatas, maka dapat dituliskan matriks dari persamaan umum:

$$V = AX - B$$

Dimana :

- V = Matriks residu
- A = Matriks desain
- B = Baseline
- X = *Ground Control Point (GCP)*

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \\ V_9 \\ V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \\ V_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \\ B_6 \\ B_7 \\ B_8 \\ B_9 \\ B_{10} \\ B_{11} \\ B_{12} \\ B_{13} \end{bmatrix}$$

Sehingga di peroleh matriks desain sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga di dapatkan nilai *Strength of Figure* (SoF) nya adalah sebagai berikut:

$$SoF = \frac{(Trace[A \times A^T]^{-1})}{u} = 0,1979$$



Gambar 2. Sebaran GCP dan Desain Jaringan
Aqua MODIS Level 1B tahun 2013

Jumlah Baseline : 13
 Jumlah Titik : 8
 N ukuran : Jumlah Baseline x 3 = 13 x 3 = 39
 N parameter : Jumlah Titik x 3 = 8 x 3 = 24
 u : N ukuran – N parameter = 15

Persamaan :

No.	Persamaan	No.	Persamaan
1.	$V_1 + B_1 = X_2 - X_1$	8.	$V_8 + B_8 = X_6 - X_4$
2.	$V_2 + B_2 = X_4 - X_2$	9.	$V_9 + B_9 = X_6 - X_5$
3.	$V_3 + B_3 = X_3 - X_2$	10.	$V_{10} + B_{10} = X_8 - X_6$
4.	$V_4 + B_4 = X_3 - X_1$	11.	$V_{11} + B_{11} = X_6 - X_6$
5.	$V_5 + B_5 = X_4 - X_3$	12.	$V_{12} + B_{12} = X_8 - X_7$
6.	$V_6 + B_6 = X_5 - X_4$	13.	$V_{13} + B_{13} = X_7 - X_5$
7.	$V_7 + B_7 = X_7 - X_6$		

Dari persamaan diatas, didapatkan persamaan sebagai berikut:

No.	Persamaan	No.	Persamaan
1.	$V_1 = X_2 - X_1 - B_1$	8.	$V_8 = X_6 - X_4 - B_8$
2.	$V_2 = X_4 - X_2 - B_2$	9.	$V_9 = X_6 - X_5 - B_9$
3.	$V_3 = X_3 - X_2 - B_3$	10.	$V_{10} = X_8 - X_6 - B_{10}$
4.	$V_4 = X_3 - X_1 - B_4$	11.	$V_{11} = X_7 - X_6 - B_{11}$
5.	$V_5 = X_4 - X_3 - B_5$	12.	$V_{12} = X_8 - X_7 - B_{12}$
6.	$V_6 = X_5 - X_4 - B_6$	13.	$V_{13} = X_7 - X_5 - B_{13}$
7.	$V_7 = X_7 - X_6 - B_7$		

Dari persamaan diatas, maka dapat dituliskan matriks dari persamaan umum:

$$V = AX - B$$

Dimana :

- V = Matriks residu
- A = Matriks desain
- B = Baseline
- X = *Ground Control Point (GCP)*

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \\ V_9 \\ V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \\ V_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \\ B_6 \\ B_7 \\ B_8 \\ B_9 \\ B_{10} \\ B_{11} \\ B_{12} \\ B_{13} \end{bmatrix}$$

Sehingga di peroleh matriks desain sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga di dapatkan nilai *Strength of Figure* (SoF) nya adalah sebagai berikut:

$$SoF = \frac{(Trace[A \times A^T]^{-1})}{u} = 0,2417$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan *Strength of Figure (SoF)* Citra Aqua MODIS

Lampiran B Lampiran B Peta Persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat



BIODATA PENULIS



Vera Maya Andini. Penulis dilahirkan di Surabaya, 23 Juli 1992, merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Tunas Putra Surabaya, SDN Ngingas Rembyong I Mojokerto, SMPN 6 Mojokerto, kemudian di SMAN Hang Tuah 4 Surabaya dan lulus pada tahun 2010. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi

di Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur Bidik Misi dan mengambil Strata 1 di Jurusan Teknik Geomatika. Selama menjadi mahasiswa S1, penulis aktif di organisasi intra kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGE ITS) dan aktif dalam kegiatan Seminar atau Forum Komunikasi Ilmiah yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Geomatika. Selain itu penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan menejemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD, LKMM TD dan aktif dalam kepanitiaan di tingkat jurusan dan institut. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Geospasial, dengan judul Studi Persebaran *Total Suspended Solid (TSS)* Menggunakan Citra Aqua MODIS di Laut Senunu, nusa Tenggara Barat.